

PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN JARAK PAGAR DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Sari Kusuma Damsuki
NIM: 115060807111080



INFORMATIKA/ILMU KOMPUTER
PROGRAM TEKNOLOGI INFORMASI DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

PERSETUJUAN

PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN JARAK PAGAR
DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
Sari Kusuma Damsuki
NIM:115060807111080

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Nurul Hidayat, S.Pd, M.Sc
NIP:19680430 200212 1 001

M. Ali Fauzi, S.Kom, M.Kom
NIK: 201502 890101 1 001



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 2 April 2016



Sari Kusuma Damsuki

NIM: 115060807111080

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto)”** dengan baik. Shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, semoga senantiasa istiqomah dalam meneladaninya. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh untuk mendapatkan gelar Sarjana Komputer pada program studi S1 Informatika/Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, arahan, doa, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Nurul Hidayat, S.Pd., M.Sc. dan M. Ali Fauzi, S.Kom, M.Kom selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu dan saran selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Sutrisno, M.T, Ir. Heru Nurwasito, M.Kom., Himawat Aryadita, S.T, M.Sc., dan Edy Santoso, S.Si., M.Kom., selaku Ketua, Wakil Ketua I, Wakil Ketua II, dan Wakil Ketua III Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Drs. Marji, M.T dan Issa Arwani, S.Kom, M.Sc., selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Informatika/Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman serta wawasan baru kepada penulis.
5. Seluruh Civitas Akademik Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Syafrudin Damsuki dan Ibu Rina Francisca, atas doa dan semangat yang selalu diberikan kepada penulis.
7. Bapak Djoko Waspono, Selaku Ayah dari penulis yang telah banyak memberikan dukungan dan juga kasih sayang setiap harinya. *I Love You, Ayah.*
8. Kedua adik penulis Sara Novia Kusuma, dan Meyta Kusuma Rahmasiwi atas doa, semangat dan bantuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Keluarga besar penulis yang tersebar di berbagai kota, terimakasih atas doa, dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
10. Arif Indra Kurnia, terimakasih atas kesabaran, doa, dukungan, hiburan serta bantuan yang diberikan kepada penulis.

11. Sahabat penulis Putri Ayuningtyas Wulandari dan Fitria Nur Alifah, terimakasih atas semangat, doa, dan dukungannya selama ini.
12. Sahabat kuliah penulis Betty Anggoro Kasih, Noviani Hasianna, Firda Ika, Yekti Narika, [J]ablay UB 2011, dan keluarga besar Informatika UB 2011 atas dukungan, semangat, hiburan dan bantuan yang diberikan kepada penulis selama ini.
13. Wiely Yazid Pradana, selaku sahabat skripsi penulis. Terima kasih atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung demi terselesaikannya skripsi ini.

Malang, 2 April 2016

Penulis
Sarikusuma3113@gmail.com



ABSTRAK

Sari Kusuma Damsuki 2016. Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. Skripsi Program Studi Informatika / Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing Nurul Hidayat, S.Pd., M.Sc. dan M. Ali Fauzi, S.Kom, M.Kom

Indonesia merupakan negara agraris yang berarti negara yang sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani. Sektor pertanian merupakan penopang perekonomian di Indonesia. Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*) salah satu tanaman alternative penghasil minyak nabati yang berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Oleh karena itu, factor-faktor yang mempengaruhi pengembangan jarak pagar perlu diperhatikan termasuk penyakit tanaman. Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) merupakan tanaman yang tumbuh dari kawasan troika dan subtropika. Tanaman ini berasal Amerika Tengah. Tanaman jarak pagar telah lama dikenal masyarakat di berbagai daerah Indonesia, yaitu sejak diperkenalkan oleh bangsa Jepang dimana biji dari jarak pagar digunakan sebagai bahan bakar pesawat tempur Jepang. Adanya penyakit yang menyerang tanaman jarak pagar merupakan salah satu masalah serius dalam industri dan pertanian jarak pagar, khususnya untuk para petani jarak pagar karena berdampak pada rendahnya produktivitas dan kualitas jarak pagar. Terdapat 5 gejala dan 5 jenis penyakit yang menyerang tanaman jarak pagar pada masa pra panen. *Fuzzy Tsukamoto* adalah sebuah metode yang mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α predikat (fire strength). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot. Tingkat akurasi tertinggi dalam diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan menggunakan 20 *dataset* yaitu sebesar 75 %.

Kata kunci: abstrak, skripsi, jarak pagar, *fuzzy tsukamoto*, penyakit

ABSTRACT

Sari Kusuma Damsuki. 2016. Modeling Expert System to Diagnose Jatropha Plant Disease Using Fuzzy Tsukamoto. Undergraduate Thesis. Informatics / Computer Science, Departement, Information Technology and Computer Science Program, Brawijaya University, Malang. Advisor: Nurul Hidayat, S.Pd., M.Sc. dan M. Ali Fauzi, S.Kom, M.Kom

Indonesia is an agricultural country which means the country in which most people work as farmers. The agricultural sector is the economic backbone in Indonesia. Jatropha (*Jatropha curcas* L.) one of the alternative crop vegetable oil that has the potential to be developed in Indonesia. Therefore, the factors that influence the development of jatropha to consider including plant diseases. Jatropha (*Jatropha curcas* L.) is a plant that grows from the troika and subtropical region. This plant is native of Central America. Jatropha has long been known to the public in various regions of Indonesia, which since it was introduced by the Japanese in which the seeds of Jatropha is used as fuel for Japanese fighter planes. The presence of a disease that attacks the Jatropha plant is one of the serious problems in industry and agriculture within the fence, especially for farmers jatropha because produktivitas and adversely affects the quality of Jatropha. There are five symptoms and 5 types of diseases that attack jatropha in pre-harvest. Fuzzy Tsukamoto is a method of applying reasoning monotonous on each rule. If the monotonous reasoning, the system has only one rule, the method Tsukamoto, the system consists of several rules. Because it uses the basic concept of the monotonous reasoning, the method Tsukamoto, each consequent upon the rules of the form IF-THEN shall be represented by a fuzzy set with membership function monotonous. Output inference result of each rule is given explicitly (crisp) by α predikat (fire strength). The process of aggregation between rules do, and the end result is obtained by using defuzzy with the concept of weighted average. The highest accuracy in the diagnosis of disease Jatropha using 20 datasets that sbesar 75%.

Keywords: abstracts, theses, jatropha, fuzzy Tsukamoto, disease

DAFTAR ISI

PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN JARAK PAGAR DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO.....	i
PERSETUJUAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan masalah	2
1.6 Sistematika pembahasan.....	2
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Jarak Pagar	8
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi	8
2.2.2 Data Gejala dan Penyakit Tanaman Jarak.....	9
2.3 Pemodelan	10
2.3.1 Kegunaan Model	11
2.3.2 Keuntungan yang diberikan oleh Model.....	11
2.4 Sistem Pakar.....	11
2.4.1 Definisi Sistem Pakar	12
2.4.2 Manfaat Sistem Pakar	12
2.4.3 Kekurangan Sistem Pakar.....	12
2.4.4 Area Permasalahan Sistem Pakar	13

2.4.5 Konsep Dasar Sistem Pakar	13
2.4.6 Struktur Sistem Pakar	15
2.5 Logika Fuzzy	18
2.5.1 Fungsi Keanggotaan	18
2.5.2 Aturan <i>IF-THEN</i>	21
2.5.3 Operator Himpunan <i>Fuzzy</i>	21
2.6 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	22
2.7 Metode Fuzzy Tsukamoto	23
2.8 Pengujian Sistem	29
BAB 3 METODOLOGI	30
3.1 Studi Literatur	30
3.2 Pengumpulan Data	31
3.3 Analisis Kebutuhan	32
3.4 Perancangan Sistem	33
3.4.1 Arsitektur Sistem Pakar	33
3.4.2 Diagram Blok Mesin Inferensi	34
3.5 Implementasi Sistem	36
3.6 Pengujian Sistem	36
3.7 Pembuatan Laporan	36
BAB 4 Perancangan	38
4.1 Analisa Kebutuhan Perangkat	38
4.1.1 Identifikasi Pengguna	39
4.1.2 Analisa Kebutuhan Masukan	40
4.1.3 Analisa Kebutuhan Proses	42
4.1.4 Analisa Kebutuhan Keluaran	42
4.2 Perancangan Sistem Pakar	42
4.2.1 Akuisisi Pengetahuan	43
4.2.2 Basis Pengetahuan	44
4.2.3 Mesin Inferensi	46
4.2.4 Blackboard	51
4.2.5 Fasilitas Penjelas	51
4.2.6 Antarmuka Pengguna	52

4.3 Perancangan Perangkat Lunak	57
4.3.1 Entity Relationship Diagram.....	57
4.3.2 Data Flow Diagram	59
4.4 Perancangan Pengujian	64
BAB 5 IMPLEMENTASI	67
5.1 Implementasi Sistem	68
5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras.....	68
5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak	68
5.2 Batasan Implementasi	68
5.3 Implementasi Sistem Pakar	69
5.3.1 Implementasi Basis Pengetahuan	69
5.3.2 Implementasi Mesin Inferensi	70
5.3.3 Implementasi Antarmuka	73
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISA	77
6.1 Pengujian Fungsionalitas	77
6.1.1 Prosedur dan Hasil Pengujian Fungsionalitas	77
6.1.2 Analisa Pengujian Fungsionalitas	79
6.2 Pengujian Akurasi Pakar	79
6.2.1 Prosedur dan Pengujian Hasil Akurasi Pakar	79
6.2.2 Analisa Pengujian Akurasi Pakar	80
BAB 7 PENUTUP	81
7.1 Kesimpulan.....	81
7.2 Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	5
Tabel 2.2 Gejala Penyakit dan Pengendalian	9
Tabel 2.3 Perbandingan antara Sistem Konvensional dan Sistem Pakar	15
Tabel 3.1 Penentuan Kebutuhan Data Penelitian	32
Tabel 4.1 Identifikasi Pengguna	39
Tabel 4.2 Deskripsi Kebutuhan Fungsional	40
Tabel 4.3 Deskripsi Kebutuhan Non-Fungsional	41
Tabel 4.4 Data Pengetahuan Penyakit Tanaman Jarak Pagar	44
Tabel 4.5 Tabel Aturan	45
Tabel 4.6 Tabel Gejala Penyakit Tanaman Jarak Pagar	48
Tabel 4.7 Tabel Skenario Pengujian Fungsionalitas	65
Tabel 4.8 Tabel Pengujian Akurasi	66
Tabel 6.1 Tabel Hasil Pengujian Fungsionalitas	78
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Akurasi Pakar	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Proses Pemodelan	11
Gambar 2.2 Komponen Penting Sistem Pakar	16
Gambar 2.3 Grafik linear naik	19
Gambar 2.4 Grafik Linear Turun.....	19
Gambar 2.5 Grafik Kurva Segitiga	20
Gambar 2.6 Grafik Kurva Trapesium	21
Gambar 2.7 Grafik permintaan	25
Gambar 2.8 Grafik persediaan	25
Gambar 2.9 Grafik produksi barang	26
Gambar 3.1 Diagram Blok Metodologi Penelitian	30
Gambar 3.2 Arsitektur Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Jarak Pagar.....	34
Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Jarak Pagar.....	35
Gambar 3.4 Diagram Blok Pengujian Akurasi Sistem.....	36
Gambar 4.1 Pohon Perancangan	38
Gambar 4.2 Mesin Inferensi Forward Chaining dengan Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i>	47
Gambar 4.3 Diagram Alir Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar.....	48
Gambar 4.4 Grafik Gejala Kondisi Akar.....	49
Gambar 4.5 Grafik Gejala Busuk Batang.....	49
Gambar 4.6 Grafik Gejala Umur Tanaman.....	50
Gambar 4.7 Grafik Gejala Bercak Buah.....	50
Gambar 4.8 Grafik Gejala Bercak Daun.....	50
Gambar 4.9 <i>Sitemap</i> Pengguna.....	52
Gambar 4.10 Antarmuka Halaman <i>Log In</i>	53
Gambar 4.11 Antarmuka Halaman <i>Home</i>	53
Gambar 4.12 Antarmuka Halaman Master	54
Gambar 4.13 Antarmuka Halaman Diagnosa.....	55
Gambar 4.14 Antarmuka Halaman Laporan	56
Gambar 4.15 Antarmuka Halaman <i>Setting</i>	56
Gambar 4.16 Rancangan ERD Sistem Pakar	58

Gambar 4.17 Data Flow Diagram Konteks	59
Gambar 4.18 Data Flow Diagram Level 1	60
Gambar 4.19 Data Flow Diagram Level 2 Dari Proses 1	61
Gambar 4.20 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 2	61
Gambar 4.21 Data Flow Diagram Level 2 dari Proses 3	62
Gambar 4.22 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 4	62
Gambar 4.23 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 5	62
Gambar 4.24 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 6	63
Gambar 4.25 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7	63
Gambar 4.26 Data Flow Diagram Level 1 dari proses 8	64
Gambar 4.27 Data Flow Diagram Level 1 dari proses 9	64
Gambar 5.1 Pohon Implementasi	67
Gambar 5.2 Physical Diagram (1)	69
Gambar 5.3 Physical Diagram (2)	70
Gambar 5.4 Implementasi Aturan	70
Gambar 5.5 Antarmuka halaman <i>login</i>	74
Gambar 5.6 Antarmuka halaman <i>home</i>	74
Gambar 5.7 Antarmuka Halaman Master	75
Gambar 5.8 Antarmuka Halaman Diagnosa	75
Gambar 5.9 Antarmuka Halaman Laporan	76
Gambar 5.10 Antarmuka Halaman <i>Setting</i>	76
Gambar 6.1 Diagram Pohon Pengujian dan Analisa	77

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tanaman penghasil minyak (*biodiesel*). Bagian dari tanaman jarak pagar dapat digunakan untuk menghasilkan biodiesel sebagai sumber bahan bakar minyak pengganti solar adalah bijinya. Selain berpotensi sebagai bahan bakar alternatif, tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber makanan ternak dan pupuk organik selain itu juga sebagai pengendali erosi dan bidang kesehatan [SAA-10]. Salah satu faktor penghambat produksi tanaman jarak pagar adalah timbul masalah serangan hama dan penyakit serta terdapat beberapa gejala yang sama pada setiap penyakit. Petani seringkali mengalami kendala dalam mengetahui penyakit atau hama yang menyerang tanaman jarak pagar karena terbatasnya pengetahuan yang mereka miliki. Dengan kurangnya pengetahuan petani dalam menentukan hama atau penyakit apa yang menyerang tanaman jarak pagar ini dapat membuat para petani terlambat dalam menangani penyerangan tersebut. Dan efeknya dapat menyebabkan petani mengalami penurunan hasil kualitas dari hasil panen. Bahkan dapat membuat petani mengalami gagal panen. Permasalahan yang tidak dapat diselesaikan segera akan berdampak buruk bagi kualitas tanaman jarak pagar. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat pengetahuan yang dimiliki pakar dapat dimanfaatkan untuk membangun sebuah sistem pakar.

Penelitian sebelumnya dengan judul "*Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Alzheimer Secara Dini Menggunakan Fuzzy Tsukamoto*" telah dilakukan oleh Vina R O, dkk. Sistem Pakar digunakan untuk mendiagnosa penyakit *alzheimer* secara dini. Pengujian yang digunakan yaitu pengujian akurasi sistem pakar dengan data uji sebanyak 25 kasus. Hasil pengujian menunjukkan uji akurasi sebesar 92% dari 25 kasus menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* sebagai mesin inferensi. *Fuzzy Tsukamoto* digunakan karena tingkat akurasi hasilnya tinggi sehingga dapat membantu dokter membuat keputusan bagi pasien. Pendeteksian penyakit *Alzheimer* secara dini dilakukan dengan mengidentifikasi keadaan psikologis dan gejala gangguan memori, perubahan kebiasaan, gangguan bahasa, gangguan penilaian, dan gangguan kepribadian.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dibuat dengan judul "**Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto**". Diagnosa penyakit pada tanaman jarak pagar didasarkan pada beberapa gejala-gejala yang ada. Penulis berharap hasil dari skripsi ini dapat digunakan untuk mendiagnosa penyakit tanaman jarak pagar yang akurat dan efektif sehingga bisa membantu para petani nantinya.

1.2 Rumusan masalah

1. Bagaimana memodelkan dari sistem pakar identifikasi penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan metode *Fuzzy* Tsukamoto.
2. Bagaimana hasil pengujian sistem metode *Fuzzy* Tsukamoto untuk identifikasi penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.).

1.3 Tujuan

1. Membuat pemodelan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan metode *Fuzzy* Tsukamoto.
2. Melakukan pengujian pemodelan sistem pakar untuk diagnosa penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) dengan metode *Fuzzy* Tsukamoto.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian pada skripsi ini diharapkan dapat membantu para petani tanaman jarak pagar dalam mengidentifikasi macam-macam penyakit yang terdapat pada tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.), sehingga bisa dilakukan penanganan yang lebih baik dan cepat.

1.5 Batasan masalah

Batasan Masalah sangat diperlukan dalam tujuan untuk menyederhanakan persoalan agar skripsi lebih terfokus, dari rumusan masalah diatas maka cakupan pembahasan pada sistem pakar yang dikembangkan adalah:

1. Data yang digunakan adalah data dari Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Kota Malang.
2. Gejala yang digunakan terdiri dari Kondisi Akar, Busuk Batang, Umur Tanaman, Bercak Buah, Bercak Daun.
3. Pengujian sistem yang dilakukan meliputi tahapan pengujian fungsionalitas dan pengujian akurasi.
4. Pengujian sistem hanya digunakan ketika terdapat masalah secara fisik pada tanaman.

1.6 Sistematika pembahasan

Sistematika pembahasan bertujuan untuk lebih mempermudah dan memperjelas dalam penyampaian informasi pembahasan masalah, dengan susunan sebagai berikut:

1. Bab 1: Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

2. Bab 2: Landasan Kepustakaan

Membahas tentang teori-teori pendukung yang digunakan dalam perencanaan dan pembuatan skripsi. Berisi teori-teori tentang kecerdasan buatan, sistem pakar, Metode Fuzzy Tsukamoto, penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*).

3. Bab 3: Metodologi

Berisikan tentang penjelasan tahap-tahap penelitian dan data yang akan diambil pada penelitian.

4. Bab 4: Perancangan dan Implementasi Sistem

Berisikan tentang perancangan perangkat lunak yang akan dibuat untuk skripsi, meliputi garis besar perancangan sistem, perancangan perangkat lunak sistem pakar.

5. Bab 5: Pengujian dan Analisa Sistem

Membahas hasil dari pengujian dan analisa sistem pakar. Pengujian dilakukan pada sistem pakar dengan melakukan simulasi konsultasi penyakit tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*)

6. Bab 6: Penutup

Penutup berisikan kesimpulan hasil perancangan, pengujian dan pembahasan sistem dari penulisan skripsi, serta saran untuk dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengembangan perancangan sistem pakar berikutnya.

BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

Bab ini menjelaskan tentang kajian pustaka dan dasar teori yang berkaitan dengan penelitian. Kajian pustaka berisi tentang referensi-referensi yang digunakan dalam penelitian. Dasar teori meliputi tanaman jarak pagar, penyakit pada tanaman jarak pagar, *Fuzzy Inference System*, *Fuzzy Tsukamoto* dan pengujian sistem.

2.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dalam penelitian ini akan membandingkan beberapa penelitian sebelumnya dengan penelitian yang diusulkan. Perbandingan penelitian yang dilakukan berdasarkan perbandingan metode *Fuzzy Tsukamoto* dan perbandingan object tanaman jarak pagar. Perbandingan penelitian sebelumnya dan penelitian yang diusulkan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Pada penelitian pertama dengan judul "*Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Alzheimer Secara Dini Menggunakan Fuzzy Tsukamoto*" telah dilakukan oleh Vina R O, dkk. Sistem Pakar digunakan untuk mendiagnosa penyakit alzhaimer secara dini. Penelitian ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* sebagai mesin inferensi. *Fuzzy Tsukamoto* digunakan karena tingkat akurasi hasilnya tinggi sehingga dapat membantu dokter membuat keputusan bagi pasien. Pendeteksian penyakit Alzheimer secara dini dilakukan dengan mengidentifikasi keadaan psikologis dan gejala gangguan memori, perubahan kebiasaan, gangguan bahasa, gangguan penilaian, dan gangguan kepribadian. Perbandingan kebenaran dilakukan antara hasil diagnosa yang menggunakan inputan gejala dari 25 orang sebagai data sampel asli. Hasil output dari sistem pakar ini adalah berupa nilai bobot *Fuzzy*, dengan nilai tertinggi sebagai indikasi besar resiko penyakit Alzheimer yang diderita pasien. Tingkat kepresisian hasil diagnosa yang menggunakan perhitungan *fuzzy Tsukamoto* memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu 92% yang menunjukkan tingkat keakurasian yang sangat tinggi [VRE-13].

Penelitian sistem pakar kedua dengan judul "*Implementation Of Fuzzy Inference System With Tsukamoto Method For Study Programme Selection*" dengan objek seleksi program studi yang dilakukan oleh Fenty Ariani dan Robby Yuli E pada tahun 2013. Sistem ini menggunakan metode *FIS Tsukamoto* untuk mendukung penyelesaian seleksi program studi ini. Sistem ini menggunakan variabel input berupa skor wawancara, skor teknik informatika, dan skor tes tertulis. Input tersebut akan diolah oleh metode *FIS Tsukamoto* dengan menggunakan 4 proses yaitu: pembentukan *fuzzy set*, pembentukan aturan, penerapan fungsi terlibat, dan defuzzyfikasi. Output yang diberikan oleh sistem ini berupa minat siswa baik di Jurusan Teknik Informatika *Engeenering* maupun Departemen sistem Informasi. Sistem ini dapat membantu Fakultas Ilmu Komputer Bandar Lampung khususnya di unit pemasaran dalam memberikan rekomendasi kepada calon mahasiswa baru dalam menentukan kursus yang paling sesuai dengan kepentingan dan kemampuan mereka[FEN-13].

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul	Object (Input)	Metode (Proses)	Hasil
1.	<i>Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Alzheimer Secara Dini Menggunakan Fuzzy Tsukamoto [VRE-13]</i>	Object: Penyakit Alzheimer. Input : identifikasi psikologis dan gejala seperti: gangguan memori, perubahan kebiasaan, gangguan bahasa, gangguan penilaian, dan gangguan kepribadian dari 25 orang sebagai data sampel asli.	Metode : FIS Tsukamoto Proses: 1. Fuzzyfikasi. 2. Mesin Inferensi : a. menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap rule. b. Kemudian nilai α -predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (<i>crisp</i>) tiap rule (z_1, z_2, \dots, z_n) 3. Defuzzyfikasi dengan metode rata-rata (Average).	Diagnosa penyakit Alzheimer dengan hasil tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 92% .
2.	<i>Implementation Of Fuzzy Inference System With Tsukamoto Method For Study</i>	Seleksi program studi. Input berupa skor wawancara, skor teknik informatika, dan skor tes	Metode : FIS Tsukamoto Proses: 1. Fuzzyfikasi. 2. Mesin Inferensi :	Output yang diberikan oleh sistem ini berupa minat siswa baik di Jurusan Teknik Informatika <i>Engineering</i> maupun Departemen sistem

	Programme Selection [FEN-13]	tertulis.	<ol style="list-style-type: none"> menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α-predikat tiap <i>rule</i>. Kemudian nilai α-predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (<i>crisp</i>) tiap <i>rule</i> (z_1, z_2, \dots, z_n) Defuzzyfikasi dengan metode rata-rata (<i>Average</i>). 	Informasi. Sistem ini dapat membantu memberikan rekomendasi kepada calon mahasiswa baru dalam menentukan kursus yang paling sesuai dengan kepentingan dan kemampuan mereka.
3.	Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto untuk menganalisa Tingkat Resiko Penyakit Dalam. [TRI-12]	<p>Penentuan Tingkat Resiko Penyakit Dalam.</p> <p>Input merupakan gejala-gejala:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nyeri pipi • Nyeri keala • Nyeri gigi geraham • Hidung buntu • Suara bindang • Tenggorokan kering • Pilek • Demam • Batuk • Otak sakit • Rasa lelah • Bersin • Gatal pada mata • Hidung gatal • Mata sembab 	<p>Metode : FIS Tsukamoto</p> <p>Proses:</p> <ol style="list-style-type: none"> Fuzzyfikasi. Mesin Inferensi : <ol style="list-style-type: none"> menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α-predikat tiap <i>rule</i>. Kemudian nilai α-predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (<i>crisp</i>) tiap <i>rule</i> (z_1, z_2, \dots, z_n) Defuzzyfikasi dengan metode rata-rata (<i>Average</i>). 	Output yang didapatkan pada sistem ini adalah nilai numerik pada tiap penyakit. Dan penyakit yang terpilih adalah hasil terbesar dari perhitungan menggunakan FIS Tsukamoto.

		<ul style="list-style-type: none"> • Bersin alergi <p>Gejala digunakan untuk menganalisa penyakit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rinitis alergi • Rinitis vasiomotor • Sinusitis maksilaris kronik • Sinusitis maksilaris akut • Influenza • Polip hidung 		
4.	<i>Fuzzy Logic Based Analysis of the Sepak Takraw Games Ball Kicking with the Respect of Player Arrangement [AND-12]</i>	<p>Permainan Sepak Takraw</p> <p>Input berupa ukuran tekong jauh dan tekong dekat.</p>	<p>Metode : FIS Tsukamoto</p> <p>Proses:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fuzzyfikasi 2. Mesin Inferensi : <ol style="list-style-type: none"> a. menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α-predikat tiap <i>rule</i>. b. Kemudian nilai α-predikat digunakan untuk menghitung hasil inferensi secara tegas (<i>crisp</i>) tiap <i>rule</i> (z_1, z_2, \dots, z_n) 3. Defuzzyfikasi dengan metode rata-rata (<i>Average</i>). 	<p>Sistem ini akan menghasilkan aturan posisi tiap pemain. Sistem juga menjelaskan jika tekong jauh dan posisi pemain depan dekat maka pemain lawan jauh. Jika tekong dekat dan pemain depan jauh maka pemain lawan dekat.</p>

2.2 Jarak Pagar

Jarak pagar merupakan jenis tanaman semak atau pohon yang tahan terhadap kekeringan, sehingga tahan hidup didaerah dengan curah hujan rendah. Tanaman ini banyak ditemukan di Afrika Selatan, Tengah, India Selatan dan Asia Tenggara. Semua bagian dapat dimanfaatkan, kemampuannya bertahan hidup pada berbagai kondisi, kesuburan tanah dan curah hujan, dapat juga digunakan sebagai pengendali erosi. Minyak dari biji jarak pagar dengan metode ekstraksi dapat digunakan sebagai substitusi bahan bakar diesel [AHH-06].

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi tanaman jarak pagar adalah sebagai berikut [DAC-08:4]:

Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Euphorbiales
Famili	: Euphorbiaceae
Genus	: <i>Jatropha</i>
Spesies	: <i>Jatropha curcas</i> L.

Tanaman jarak pagar berupa perdu dengan tinggi 1 – 7 m, bercabang tidak teratur. Batangnya berkayu, silindris, dan bila terluka mengeluarkan getah. Bagian – bagian tanaman jarak pagar adalah sebagai berikut [EHA-06:10]:

1. Daun

Daun tanaman jarak pagar adalah daun tunggal berlekuk dan bersudut 3 atau 5. Daun tersebar di sepanjang batang. Permukaan atas dan bawah daun hijau dengan bagian bawah lebih pucat permukaan atas. Daun tanman lebar dan berbentuk jantung atau bulat telur melebar dengan panjang 5 cm – 15 cm. Helai daunnya bertoreh, berlekuk dan ujungnya meruncing. Tulang daun menjari dengan jumlah 5 – 7 tulang daun utama. Daun dihubungkan dengan tangkai daun. Panjang tangkai daun antara 4 – 15 cm [EHA-06:10].

2. Bunga

Bunga tanaman jarak pagar adalah bunga majemuk berbentuk malai, berwarna kuning kehijauan, berkelamin tunggal, dan berumah satu (putik dan benang sari dalam satu tanaman). Bunga betina 4 – 5 kali lebih banyak dari bunga jantan. Bunga jantan maupun bunga betina tersusun dalam rangkaian berbentuk cawan yang tumbuh di ujung batang atau ketiak daun. Bunganya mempunyai 5 kelopak berbentuk bulat telur dengan panjang kurang lebih 4 mm. benang sari mengumpul pada pangkal dan berwarna kuning. Tangkai putik pendek berwarna hijau dan kepala putik melengkung keluar berwarna kuning. Bunga dari tanaman mempunyai mahkota berwarna keunguan. Setiap tandan terdapat lebih dari 15 bunga [EHA-06:10].

Jarak pagar termasuk tanaman *monoecious* dan bunga bersifat uniseksual. Kadang kala muncul bunga hermaprodit yang berbentuk cawan hijau kekuningan [EHA-06:12].

3. Buah

Buah tanaman jarak pagar berupa buah berbentuk bulat telur dengan diameter 2 cm – 4 cm. panjang buah 2 cm dengan ketebalan sekitar 1 cm. buah berwarna hijau ketika muda serta abu – abu kecokelatan atau kehitaman ketika masak. Buah jarak terbagi menjadi 3 ruang, masing – masing ruang berisi satu biji sehingga dalam setiap buah terdapat 3 biji [EHA-06:12].

Biji berbentuk bulat lonjong dan berwarna coklat kehitaman. Biji inilah yang banyak mengandung minyak dengan rendemen sekitar 35 % - 45% dan beracun [EHA-06:12].

2.2.2 Data Gejala dan Penyakit Tanaman Jarak

Nama penyakit, gejala beserta saran pengendalian pada tanaman jarak pagar ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Gejala Penyakit dan Pengendalian

No	Nama Penyakit	Gejala	Pengendalian
1	Busuk Akar Pangkal Batang	Pangkal batang bercak luka dan basah pada akar yang berumur 1 -3 tahun masa pembibitan.	-Pengaturan drainase dan irigasi. -Menjaga air hujan dan air pengairan jangan sampai menggenang di sekeliling pangkal batang dengan cara dibuat gundukan dan dibuat parit-parit agar air dapat mengalir dengan tuntas.
2	Tristeza	Gejala khas penyakit ini adalah daun-daun tanaman berubah warna menjadi perunggu atau kuning dan gugur sedikit demi sedikit.	-Penyemprotan serangga penular dengan insektisida efektif dan Eradikasi tanaman sakit dan sanitasi tanaman inang serangga penular.
3	Diplodia	Gejala awal berupa bercak basah	-Menghindarkan terjadinya pelukaan

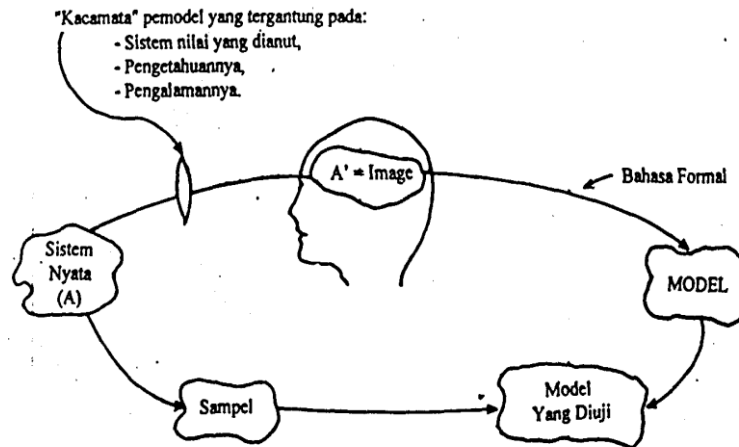
		berwarna gelap pada kulit batang dan mengalami pembusukan pada batang	pada akar maupun batang dan Melabur atau mencat batang dengan bubur Bordo atau Cupravit.
4	CVPD	Daun berwarna kuning, daun menjadi kecil dan terdapat bercak mengelompok tidak merata.	-Sanitasi terhadap tunas dan daun-daun sakit yang tidak produktif , -Penghembusan dengan serbuk belerang atau penggunaan fungisida yang efektif dan mudah terurai bila dijumpai serangan.
5	Antraknosa	Pada buah adalah adanya bercak / bintik - bintik coklat kemerahan atau coklat hitam, berbentuk bulat pada permukaan kulit buah, lama - lama mengeras.	-Penggunaan fungisida yang efektif sesuai dengan anjuran -Menjaga agar tanaman pada kondisi optimum dengan memperbaiki kondisi tanah

2.3 Pemodelan

Pemodelan adalah proses untuk membuat sebuah model. Model adalah representasi dari sebuah bentuk nyata, sedangkan sistem adalah saling keterhubungan dan ketergantungan antar elemen yang membangun sebuah kesatuan, biasanya dibangun untuk mencapai tujuan tertentu. Sebuah pemodelan sistem merupakan gambaran bentuk nyata yang dimodelkan secara sederhana, menggambarkan konstruksi integrasi hubungan dan ketergantungan elemen, fitur-fitur dan bagaimana sistem tersebut bekerja. Dilakukannya sebuah modelling sistem bertujuan untuk menganalisa dan memberi prediksi yang mendekati kenyataan sebelum sebuah sistem nantinya diimplementasikan[MAS-13].

Pemodelan adalah proses membangun dan membentuk sebuah model dari suatu sistem nyata dalam bahasa formal tertentu. Model yang baik cukup hanya mengandung bagian-bagian yang hanya diperlukan saja. Pemodelan bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengembangannya. Melakukan pemodelan adalah suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam-macam perbedaan perilakunya[WBS-2].

Adapun skema proses pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Skema Proses Pemodelan

2.3.1 Kegunaan Model

Beberapa kegunaan dengan adanya model:

- Membantu berpikir dan menerangkan fakta.
- Untuk komunikasi/instruksi.
- Untuk prediksi/penaksiran.
- Untuk pengendalian.
- Pengganti teori, bila teori telah ada sebagai koreksi terhadap teori tersebut.

2.3.2 Keuntungan yang diberikan oleh Model

Beberapa keuntungan dengan menggunakan model :

- Dengan model, dapat dilakukan analisis dan percobaan dalam situasi yang kompleks dengan mengubah nilai atau bentuk relasi antar variable yang tidak mungkin dilakukan pada sistem nyata.
- Model memberikan penghematan dalam mendeskripsikan suatu keadaan yang nyata.
- Penggunaan model dapat menghemat waktu, biaya, tenaga, dan sumber daya berharga lainnya dalam analisis permasalahan.

Model dapat memfokuskan perhatian lebih banyak pada karakteristik yang penting dari masalah.

2.4 Sistem Pakar

Berikut ini akan dijelaskan teori tentang Sistem Pakar, antara lain Definisi Sistem Pakar, Manfaat Sistem Pakar, Kekurangan Sistem Pakar, Area Permasalahan Sistem Pakar, Konsep Dasar Sistem Pakar, dan Struktur pada Sistem Pakar.

2.4.1 Definisi Sistem Pakar

Sistem pakar adalah suatu program komputer yang merupakan cabang dari penelitian ilmu komputer yang disebut *Artificial Intelligence* (AI). Tujuan dari ilmu AI adalah membuat sesuatu menjadi cerdas dalam hal pemahaman melalui program komputer yang ditunjukkan dengan tingkah laku cerdas [ADM-06:227].

Istilah sistem pakar berasal dari istilah *knowledge-based expert system*. Istilah ini muncul sebagai solusi untuk memecahkan masalah, sistem pakar menggunakan pengetahuan seorang pakar yang dimasukkan ke dalam komputer. Seseorang yang bukan pakar menggunakan sistem pakar untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, sedangkan seorang pakar menggunakan sistem pakar untuk knowledge assistant [TED-11:160].

2.4.2 Manfaat Sistem Pakar

Sistem Sistem Pakar menjadi sangat populer karena banyak kemampuan dan manfaat yang diberikan, antara lain [TED-11:160-161]:

1. Meningkatkan produktivitas, karena sistem pakar dapat bekerja lebih cepat daripada manusia.
2. Membuat seorang awam yang bekerja seperti layaknya seorang pakar.
3. Meningkatkan kualitas, dengan memberi nasehat yang konsisten dan mengurangi kesalahan.
4. Mampu menangkap pengetahuan dan kepakaran seseorang.
5. Memudahkan akses pengetahuan seorang pakar.
6. Andal karena sistem pakar tidak pernah menjadi bosan dan kelelahan atau sakit.
7. Meningkatkan kapabilitas sistem komputer. Integrasi sistem pakar dengan sistem komputer lain membuat sistem lebih efektif dan mencakup lebih banyak aplikasi.
8. Mampu bekerja dengan informasi yang tidak lengkap atau tidak pasti. Berbeda dengan sistem komputer konvensional, sistem pakar dapat bekerja dengan informasi yang tidak lengkap. Pengguna dapat merespons dengan : “tidak tahu” atau “tidak yakin” pada satu atau lebih pertanyaan selama konsultasi dan sistem pakar akan tetap memberikan jawabannya.
9. Bisa digunakan sebagai media pelengkap dalam pelatihan. Pengguna pemula yang bekerja dengan sistem pakar akan menjadi lebih berpengalaman karena adanya fasilitas penjelas yang berfungsi sebagai guru.

Meningkatkan kemampuan untuk menyelesaikan masalah karena sistem pakar mengambil sumber pengetahuan dari banyak pakar.

2.4.3 Kekurangan Sistem Pakar

Selain manfaat, ada beberapa kekurangan pada sistem pakar, antara lain [TED-11:161-162]:

1. Biaya yang sangat mahal untuk membuat dan memeliharannya.

2. Sulit dikembangkan karena keterbatasan keahlian dan keterbatasan pakar.
3. Sistem pakar tidak 100% bernilai benar.

2.4.4 Area Permasalahan Sistem Pakar

Secara umum, ada beberapa kategori dan area permasalahan sistem pakar, yaitu [TED-11:162-163]:

1. Interpretasi : pengambilan keputusan atau deskripsi situasi berdasarkan data-data masukan.
2. Prediksi : memprediksi akibat-akibat yang mungkin terjadi dari situasi yang ada.
3. Diagnosis : menyimpulkan suatu keadaan berdasarkan gejala-gejala yang diberikan.
4. Desain : melakukan perancangan berdasarkan kendala-kendala yang diberikan.
5. *Planning* : merencanakan serangkaian tindakan yang akan dilakukan.
6. Monitoring : membandingkan antara hasil pengamatan dengan proses perencanaan.
7. *Debugging* : menentukan penyelesaian dari suatu kesalahan sistem.
8. Reparasi : melaksanakan rencana perbaikan.
9. *Instruction* : melakukan instruksi untuk diagnosis, debugging, dan perbaikan kinerja.
10. Kontrol : melakukan control terhadap hasil interpretasi, diagnosis, debugging, monitoring, dan perbaikan tingkah laku sistem.

2.4.5 Konsep Dasar Sistem Pakar

Konsep dasar dari sistem pakar terdiri dari enam hal berikut ini [TED-11:163-166].

1. Kepakaran (*Expertise*)

Kepakaran adalah suatu pengetahuan yang didapatkan dari pelatihan, membaca, dan pengalaman. Kepakaran inilah yang memungkinkan para ahli dapat mengambil keputusan lebih cepat dan lebih baik daripada seorang yang bukan pakar. Kepakaran itu sendiri meliputi pengetahuan tentang:

1. Fakta-fakta tentang bidang permasalahan tertentu.
2. Teori-teori tentang bidang permasalahan tertentu
3. Aturan-aturan dan prosedur-prosedur menurut bidang permasalahan umumnya.
4. Aturan *heuristic* yang harus dikerjakan dalam suatu situasi tertentu.
5. Strategi global untuk memecahkan permasalahan.
6. Pengetahuan tentang pengetahuan (*meta knowledge*)

2. Pakar (*Expert*)

Pakar adalah seseorang yang mempunyai pengetahuan, pengalaman, dan metode khusus, serta mampu menerapkannya untuk memecahkan masalah atau memberi nasihat. Seorang pakar harus bisa menjelaskan dan mempelajari hal-hal

baru yang berkaitan dengan topik permasalahan, jika perlu harus mampu menyusun kembali pengetahuan-pengetahuan yang didapatkan, dan dapat memecahkan aturan-aturan serta menentukan relevansi kepakarannya. Jadi seorang pakar harus mampu melakukan kegiatan-kegiatan berikut:

1. Mengenal dan memformulasikan permasalahan
2. Memecahkan permasalahan secara cepat dan tepat
3. Menerangkan pemecahannya
4. Belajar dari pengalaman
5. Merestrukturisasi pengetahuan
6. Memecahkan aturan-aturan
7. Menentukan relevansi

3. Pemindahan Kepakaran (*Transferring Expertise*)

Tujuan dari sistem pakar adalah memindahkan kepakaran dari seorang pakar ke dalam komputer, kemudian ditransfer kepada orang lain yang bukan pakar. Proses ini melibatkan empat kegiatan yaitu :

- Akuisisi pengetahuan (dari pakar atau sumber lain)
- Representasi pengetahuan (pada komputer)
- Inferensi pengetahuan
- Pemindahan pengetahuan ke pengguna

4. Inferensi (*Inferencing*)

Inferensi adalah sebuah prosedur (program) yang mempunyai kemampuan dalam melakukan penalaran. Inferensi ditampilkan pada suatu komponen yang disebut mesin inferensi yang mencakup prosedur-prosedur mengenai pemecahan masalah. Semua pengetahuan yang dimiliki oleh seorang pakar disimpan pada basis pengetahuan oleh sistem pakar. Tugas mesin inferensi adalah mengambil kesimpulan berdasarkan basis pengetahuan yang dimilikinya.

5. Aturan-aturan (*Rule*)

Kebanyakan software sistem pakar komersial adalah sistem yang berbasis *rule* (*rule-based systems*), yaitu pengetahuan disimpan terutama dalam bentuk *rule*, sebagai prosedur-prosedur pemecahan masalah.

6. Kemampuan menjelaskan (*Explanation Capability*)

Fasilitas lain dari sistem pakar adalah kemampuannya untuk menjelaskan saran atau rekomendasi yang diberikannya. Penjelasan dilakukan dalam subsistem yang disebut subsistem penjelasan (*explanation*). Bagian dari sistem ini memungkinkan sistem untuk memeriksa penalaran yang dibuatnya sendiri dan menjelaskan operasi-operasinya.

Karakteristik dan kemampuan yang dimiliki oleh sistem pakar berbeda dengan sistem konvensional. Perbedaan ini ditunjukkan pada Tabel 2.3.

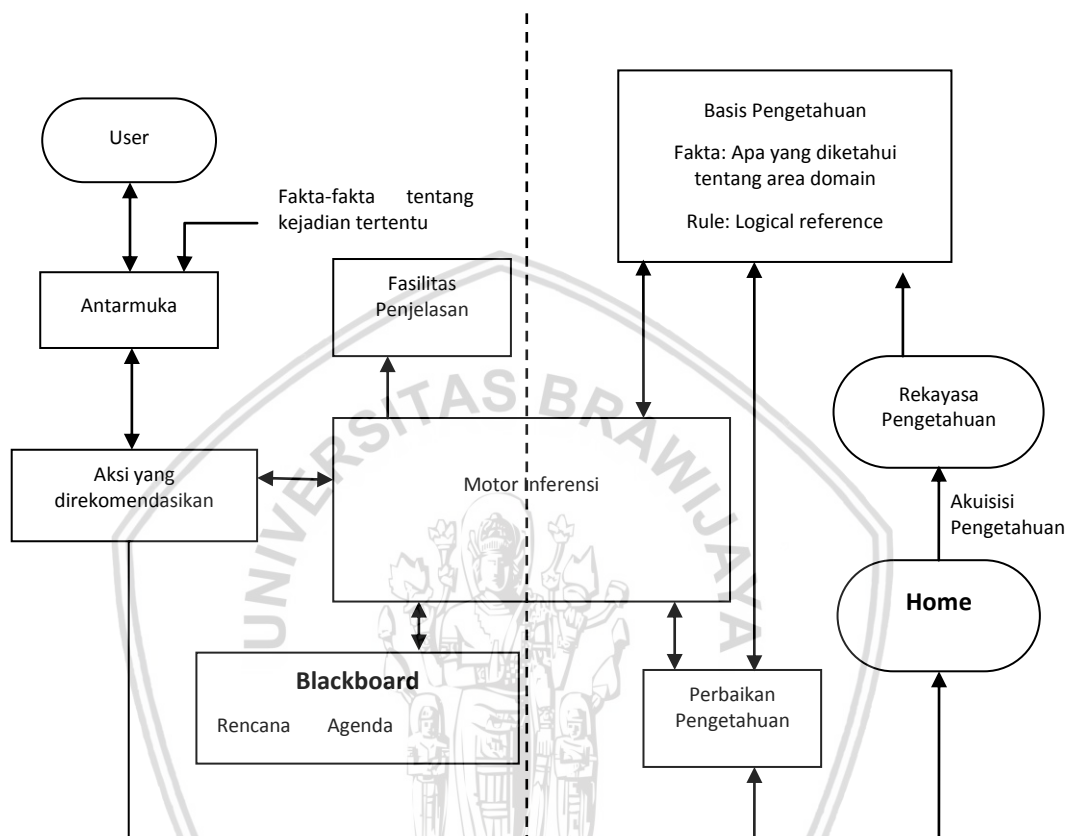
Tabel 2.3 Perbandingan antara Sistem Konvensional dan Sistem Pakar

Sistem Konvensional	Sistem Pakar
Informasi dan pemrosesannya biasanya digabungkan dalam satu program.	Basis pengetahuan dipisahkan secara jelas dengan mekanisme inferensi
Program tidak membuat kesalahan (yang membuat kesalahan: pemrogram atau pengguna).	Program dapat berbuat kesalahan.
Biasanya tidak menjelaskan mengapa data masukan diperlukan atau bagaimana output dihasilkan.	Penjelasan merupakan bagian terpenting dari semua sistem pakar.
Perubahan program sangat menyulitkan.	Perubahan dalam aturan-aturan mudah untuk dilakukan.
Sistem hanya bisa beroperasi setelah lengkap atau selesai	Sistem dapat beroperasi hanya dengan aturan-aturan yang sedikit (sebagai prototype awal).
Eksekusi dilakukan langkah demi langkah (algoritmik).	Eksekusi dilakukan dengan menggunakan heuristic dan logika pada seluruh basis pengetahuan.
Perlu informasi lengkap agar bisa beroperasi.	Dapat beroperasi dengan informasi yang tidak lengkap atau mengandung ketidakpastian.
Manipulasi efektif dari basis data yang besar.	Manipulasi efektif dari basis pengetahuan yang besar.
Menggunakan data.	Menggunakan pengetahuan.
Tujuan utama : efisiensi.	Tujuan utama : efektivitas.
Mudah berurusan dengan data kuantitatif.	Mudah berurusan dengan data kualitatif.
Menangkap, menambah dan mendistribusikan akses ke data numerik atau informasi.	Menangkap, menambah dan mendistribusikan akses ke pertimbangan dan pengetahuan.

2.4.6 Struktur Sistem Pakar

Pada sistem pakar ada dua bagian penting yaitu lingkungan pengembangan (*development environment*) dan lingkungan konsultasi (*consultation environment*). Lingkungan pengembangan digunakan oleh pembuat sistem pakar untuk membangun komponen-komponennya dan

memperkenalkan pengetahuan ke dalam *knowledge base* (basis pengetahuan). Lingkungan konsultasi digunakan oleh pengguna untuk berkonsultasi sehingga pengguna mendapatkan pengetahuan dan nasihat dari sistem pakar layaknya berkonsultasi dengan seorang pakar. Komponen-komponen yang penting dalam sistem pakar ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Komponen Penting Sistem Pakar

Sumber : [TED-11:167]

Keterangan :

1. **Pengguna (User)**
Pada umumnya pengguna sistem pakar bukanlah seorang pakar (*non-expert*) yang membutuhkan solusi, saran, atau pelatihan (*training*) dari berbagai permasalahan yang ada [TED-11:].
2. **Antarmuka Pengguna (User Interface)**
Antarmuka pengguna merupakan mekanisme yang digunakan oleh pengguna dan sistem pakar untuk berkomunikasi. Antarmuka menerima informasi dari pemakai dan mengubahnya ke dalam bentuk yang dapat diterima oleh sistem [ADM-06:233]. Komunikasi paling bagus bila disajikan dalam bahasa alami dan dilengkapi dengan grafik, menu, dan formulir elektronik. Pada bagian ini akan terjadi dialog antara sistem pakar dan pengguna [TED-11:168].
3. **Akuisisi Pengetahuan**

Akuisisi pengetahuan digunakan untuk memasukkan pengetahuan dari seorang pakar dengan cara merekayasa pengetahuan agar bisa diproses oleh komputer dan menaruhnya ke dalam basis pengetahuan dengan format tertentu (dalam bentuk representasi pengetahuan). Sumber-sumber pengetahuan bisa didapatkan dari pakar, buku, dokumen multimedia, basis data, laporan riset khusus, dan informasi yang terdapat di Web[TED-11:167].

4. Basis Pengetahuan (*Knowledge Base*)

Basis pengetahuan mengandung pengetahuan yang diperlukan untuk memahami, memformulasikan, dan menyelesaikan masalah. Basis pengetahuan terdiri dari dua elemen dasar yaitu [TED-11:168]:

- a. Fakta, misalnya situasi, kondisi, atau permasalahan yang ada.
- b. Rule (aturan), untuk mengarahkan penggunaan pengetahuan dalam memecahkan masalah.

5. Mesin Inferensi (*Inference Engine*)

Mesin inferensi adalah sebuah program yang berfungsi untuk memandu proses penalaran terhadap suatu kondisi berdasarkan pada basis pengetahuan yang ada, memanipulasi dan mengarahkan kaidah, model, dan fakta yang disimpan dalam basis pengetahuan untuk mencapai solusi atau kesimpulan. Dalam prosesnya, mesin inferensi menggunakan strategi pengendalian, yaitu strategi yang berfungsi sebagai panduan arah dalam melakukan proses penalaran. Ada tiga teknik pengendalian yang digunakan yaitu *forward chaining*, *backward chaining*, dan gabungan dari kedua teknik tersebut [TED-11:168].

6. Daerah Kerja (*Blackboard*)

Untuk merekam hasil sementara yang akan dijadikan sebagai keputusan dan untuk menjelaskan suatu masalah yang sedang terjadi, sistem pakar membutuhkan *blackboard* yaitu area pada memori yang berfungsi sebagai basis data. Tiga tipe keputusan yang dapat direkam pada *blackboard* yaitu [TED-11:168]:

- a. Rencana : bagaimana menghadapi masalah
- b. Agenda : aksi-aksi potensial yang sedang menunggu untuk dieksekusi.
- c. Solusi: calon aksi yang akan dibangkitkan

7. Subsistem Penjelasan (*Explanation subsystem / Justifier*)

Berfungsi memberi penjelasan kepada pengguna, bagaimana suatu kesimpulan dapat diambil untuk mengetahui proses pemindahan keahlian pakar maupun dalam pemecahan masalah yang merupakan bagian penting bagi pengguna [TED-11:169].

8. Sistem Perbaikan Pengetahuan (*Knowledge Refining System*)

Kemampuan memperbaiki Pengetahuan (*knowledge refining system*) dari seorang pakar diperlukan untuk menganalisis pengetahuan, belajar dari kesalahan masa lalu, kemudian memperbaiki pengetahuannya sehingga dapat dipakai pada masa mendatang. Kemampuan evaluasi diri seperti itu diperlukan oleh program agar dapat menganalisis alasan-alasan kesuksesan dan kegagalannya dalam mengambil kesimpulan. Dengan demikian akan

menghasilkan basis pengetahuan yang lebih baik dan penalaran yang lebih efektif[TED-11:169].

2.5 Logika Fuzzy

Fuzzy menurut Bahasa bisa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Suatu nilai dapat bernilai besar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1(satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika *Fuzzy* merupakan sesuatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Dalam teori logika *fuzzy* suatu nilai bisa bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1. Berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai 1 atau 0 (Suparman, 1991).

Logika *fuzzy* digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (linguistic), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Dan logika *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejauh mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika klasik (scrisp)/tegas, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan. Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinyu (Kusumadewi & Purnomo, 2004).

Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama(Kusumadewi & Purnomo, 2004). Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan" dan "sangat" (Suparman, 1991). Kelebihan dari teori logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (linguistic reasoning). Sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan.

2.5.1 Fungsi Keanggotaan

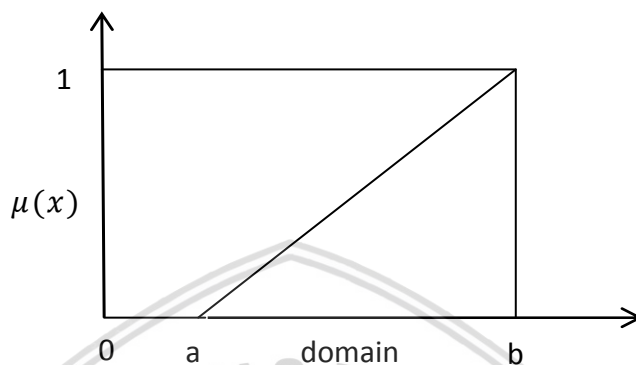
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik inputdata kedalam nilai keanggotaan yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan diantaranya (Solikin, 2011):

a. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan input ke derajat keanggotaannya dapat digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi

pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 keadaan himpunan *Fuzzy* yang linear

Representasi linear naik, yaitu kenaikan himpunan dimulai dari nilai domain yang memiliki nilai keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan yang lebih tinggi seperti yang digambarkan pada Gambar 2.2.

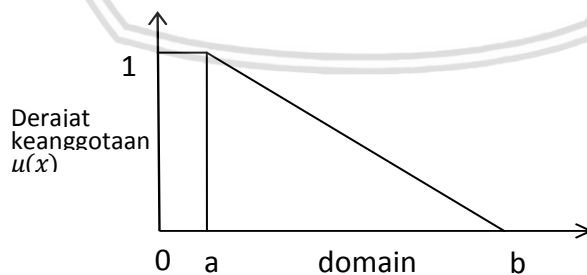


Gambar 2.3 Grafik linear naik

Fungsi keanggotaan linear naik dinyatakan pada Persamaan 2.1.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / (b - a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

1. Representasi linear turun, yaitu garis lurus yang dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak turun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti yang digambarkan pada Gambar 2.3.



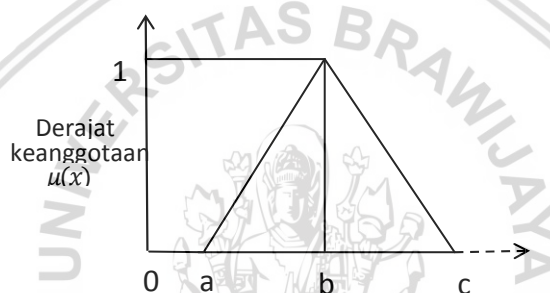
Gambar 2.4 Grafik Linear Turun

Fungsi keanggotaan linear turun dinyatakan pada Persamaan 2.2.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq b \\ (b-x)/(b-a); & a < x < b \\ 1; & x \leq a \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Representasi kurva segitiga, pada dasarnya adalah gabungan antara dua representasi linear (representasi linear naik dan representasi linear turun), seperti terlihat pada Gambar 2.4.



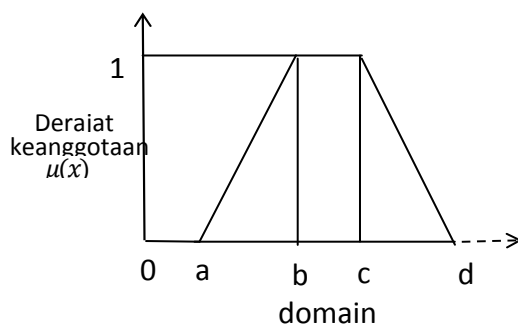
Gambar 2.5 Grafik Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan kurva segitiga dinyatakan pada Persamaan 2.3.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq c \text{ atau } x \leq a \\ (x-a)/(b-a); & a < x < b \\ (c-x)/(c-b); & b < x < c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi Kurva Trapezium

Representasi kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk kurva segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (satu), seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.6 Grafik Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan kurva trapesium dinyatakan pada Persamaan 2.4.

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \geq d \text{ atau } x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a < x < b \\ (d - x)/(d - c); & c < x < d \\ 1; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.4)$$

2.5.2 Aturan IF-THEN

Dari data dan penjelasan parameter-parameter fungsi keanggotaan persamaan 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 kemudian dapat dibuat aturan *IF – THEN*. Basis aturan dibentuk dalam 2 bagian yaitu bagian parameter *block* yang digunakan menyimpan nilai-nilai parameter dari suatu aturan dan bagian lainnya adalah *rules block* yang digunakan menyimpan aturan itu sendiri. Jumlah aturan *IF – THEN* yang dihasilkan merupakan perkalian Σ kemungkinan gejala-gejalanya (premis), yang kemudian dikurangi jumlah aturan yang dapat direduksi (Thamrin, 2012).

2.5.3 Operator Himpunan Fuzzy

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau α -predikat. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu:

a. Operator AND

Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *AND* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

Persamaan himpunan operator *AND* dinyatakan pada persamaan 2.5.

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2-5)$$

b. Operator OR

Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *OR* diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

Persamaan himpunan operator *OR* dinyatakan pada persamaan 2.6.

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2-6)$$

c. Operator NOT

Operator ini berhubungan dengan operasi komplemen pada himpunan. α -predikat sebagai hasil operasi dengan operator *NOT* diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

Persamaan himpunan operator *NOT* dinyatakan pada Persamaan 2.7.

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \quad (2-7)$$

2.6 Sistem Inferensi Fuzzy

Salah satu aplikasi pada logika fuzzy adalah sistem inferensi fuzzy, yaitu sistem komputasi yang bekerja atas dasar prinsip penalaran fuzzy (Solikin, 2011)]. Sistem inferensi fuzzy dibagi menjadi empat unit, yaitu:

1. Unit Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah fase pertama dari perhitungan Fuzzy yaitu pengubahan nilai tegas ke nilai Fuzzy. Proses Fuzzyfikasi dituliskan sebagai berikut (Thamrin, 2012):

Persamaan fungsi Fuzzyfikasi dinyatakan pada persamaan 2.8.

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2-8)$$

Dengan x_0 adalah sebuah vektor nilai tegas dari suatu variabel masukan, x adalah vektor himpunan Fuzzy yang didefinisikan sebagai variabel dan *fuzzifier* adalah sebuah operator Fuzzyfikasi yang mengubah nilai tegas ke himpunan Fuzzy.

2. Unit basis pengetahuan

Basis pengetahuan dari suatu sistem kendali logika kabur terdiri dari basis data dan basis kaidah. Basis data adalah himpunan fungsi keanggotaan dari himpunan-himpunan kabur yang terkait dengan nilai-nilai linguistik dari variabel-variabel yang terdapat dalam sistem itu. Basis kaidah adalah himpunan implikasi-implikasi kabur yang berlaku sebagai kaidah dalam sistem itu.

3. Unit penalaran logika fuzzy

Masukan kabur hasil pengolahan unit pengaburan diterima oleh unit penalaran untuk disimpulkan berdasarkan kaidah-kaidah yang tersedia dalam basis pengetahuan.

4. Unit defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan transformasi yang menyatakan kembali keluaran dari domain Fuzzy ke dalam domain *crisp*. Keluaran Fuzzy diperoleh melalui eksekusi dari beberapa fungsi keanggotaan Fuzzy. Terdapat tujuh metode yang dapat digunakan pada proses defuzzifikasi yaitu (Thamrin, 2012):

- 1) *Height method (max-membership principle)*, dengan mengambil nilai fungsi keanggotaan terbesar dari keluaran Fuzzy yang ada untuk dijadikan sebagai nilai defuzzifikasi.

- 2) *Centroid (Center of Gravity) method*, mengambil nilai tengah dari seluruh fungsi keanggotaan keluaran *Fuzzy* yang ada untuk dijadikan nilai defuzzifikasi.
- 3) *Weighted Average Method*, hanya dapat digunakan jika keluaran fungsi keanggotaan dari beberapa proses *Fuzzy* mempunyai bentuk yang sama.
- 4) *Mean-max membership*, mempunyai prinsip kerja yang sama dengan metode maximum tetapi lokasi dari fungsi keanggotaan maksimum tidak harus unik.
- 5) *Center of sums*, mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan *Weighted Average Method* tetapi nilai yang dihasilkan merupakan area respektif dari fungsi keanggotaan yang ada.
- 6) *Center of largest area*, hanya digunakan jika keluaran *Fuzzy* mempunyai sedikitnya dua sub-daerah yang *convex* sehingga sub-daerah yang digunakan sebagai nilai defuzzifikasi adalah daerah yang terluas.
- 7) *First (or last) of maxima*, menggunakan seluruh keluaran dari fungsi keanggotaan.

2.7 Metode Fuzzy Tsukamoto

Pada dasarnya, metode Tsukamoto mengaplikasikan penalaran monoton pada setiap aturannya. Kalau pada penalaran monoton, sistem hanya memiliki satu aturan, pada metode Tsukamoto, sistem terdiri atas beberapa aturan. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *Fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. *Output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Proses agregasi antar aturan dilakukan, dan hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan *defuzzy* dengan konsep rata-rata terbobot (Thamrin, 2012).

Dalam inferensinya, metode Tsukamoto memiliki beberapa tahapan, yaitu:

1. Fuzzifikasi
2. Pembentukan basis pengetahuan *Fuzzy* (*Rule* dalam bentuk *IF-THEN*)
3. Mesin Inferensi

Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai predikat tiap-tiap *rule*. Kemudian masing-masing nilai α -predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing masing *rule* ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$)

4. Defuzzifikasi

Pada defuzzifikasi digunakan metode rata-rata (*Average*) yang dinyatakan pada persamaan 2.9.

$$Z^* = \frac{\sum \alpha_i z_i}{\sum \alpha_i} \quad (2-9)$$

Hasil akhir output (Z) diperoleh dengan menggunakan persamaan rata-rata pembobotan yang dinyatakan pada persamaan 2.10.

$$Z = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n} \quad (2-10)$$

Contoh: Suatu perusahaan makanan kaleng akan memproduksi makanan jenis ABC. Dari data 1 bulan terakhir, permintaan terbesar mencapai 5000 kemasan/hari, dan permintaan terkecil mencapai 1000 kemasan/hari. Persediaan barang digudang terbanyak mencapai 600 kemasan/hari, dan terkecil mencapai 100 kemasan/hari. Dengan segala keterbatasannya, sampai saat ini, perusahaan baru mampu memproduksi barang maksimum 7000 kemasan/hari, untuk efisiensi mesin dan SDM tiap hari diharapkan perusahaan memproduksi paling tidak 2000 kemasan. Berapa kemasan makanan jenis ABC yang harus diproduksi, jika jumlah permintaan sebanyak 4000 kemasan, dan persediaan di gudang masih 300 kemasan, apabila proses produksi perusahaan tersebut menggunakan 4 aturan *fuzzy* sebagai berikut:

[R1] IF permintaan TURUN And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG;

[R2] IF permintaan TURUN And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

[R3] IF permintaan NAIK And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH;

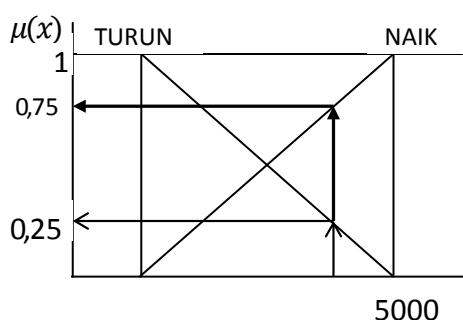
[R4] IF permintaan NAIK And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

Langkah 1: Fuzzifikasi

Ada 3 variabel *fuzzy* yang dapat dimodelkan menjadi grafik keanggotaan seperti berikut:

1. Permintaan; terdiri atas himpunan *fuzzy* NAIK dan TURUN

Kurva permintaan yang terdiri dari himpunan *fuzzy* naik dan turun digambarkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.7 Grafik permintaan

Persamaan permintaan turun yang merujuk pada persamaan 2-2 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{TURUN}(X) = \begin{cases} 1; x \leq 1000 \\ \frac{5000-x}{4000}; 1000 \leq x \leq 5000 \\ 0; x \geq 5000 \end{cases}$$

Persamaan permintaan naik yang merujuk pada persamaan 2-1 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{NAIK}(X) = \begin{cases} 0; x \leq 1000 \\ \frac{x-1000}{4000}; 1000 \leq x \leq 5000 \\ 1; x \geq 5000 \end{cases}$$

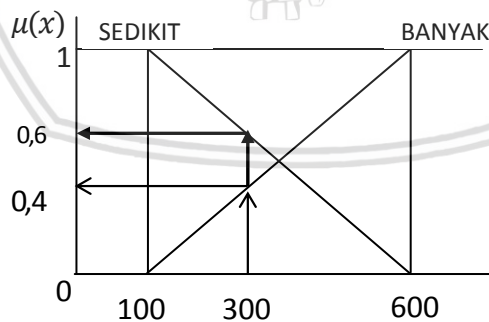
Derajat keanggotaan untuk permintaan 4000 adalah :

$$\begin{aligned} \mu_{TURUN}(4000) &= (5000-4000)/4000 \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{NAIK}(4000) &= (4000-1000)/4000 \\ &= 0,75 \end{aligned}$$

1. Persediaan; terdiri dari himpunan *fuzzy* SEDIKIT dan BANYAK

Kurva persediaan yang terdiri dari himpunan *fuzzy* sedikit dan banyak digambarkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.8 Grafik persediaan

Persamaan persediaan sedikit merupakan persamaan yang merujuk pada persamaan 2-2 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{SEDIKIT}(Y) = \begin{cases} 1; y \leq 100 \\ \frac{600-y}{500}; 100 \leq x \leq 600 \\ 0; y \geq 600 \end{cases}$$

Persamaan persediaan banyak merupakan persamaan yang merujuk pada persamaan 2-1 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{BANYAK}(X) = \begin{cases} 0; x \leq 100 \\ \frac{x-100}{500}; 100 \leq x \leq 600 \\ 1; x \geq 600 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan untuk persediaan 300 adalah:

$$\begin{aligned} \mu_{SEDIKIT}(300) &= (600-300)/500 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_{BANYAK}(300) &= (300-100)/500 \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

1. Produksi Barang; terdiri atas himpunan fuzzy BERKURANG dan BERTAMBAH

Kurva persediaan yang terdiri dari himpunan fuzzy sedikit dan banyak digambarkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.9 Grafik produksi barang

Persamaan produksi berkurang merupakan persamaan yang merujuk pada persamaan 2-2 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{BERKURANG}(Z) = \begin{cases} 1; z \leq 2000 \\ \frac{7000-z}{5000}; 2000 \leq z \leq 7000 \\ 0; z \geq 7000 \end{cases}$$

Persamaan produksi bertambah merupakan persamaan yang merujuk pada persamaan 2-1 dan persamaan 2-4:

$$\mu_{BERTAMBAH}(Z) = \begin{cases} 0; z \leq 2000 \\ \frac{z-2000}{7000}; 2000 \leq z \leq 7000 \\ 1; z \geq 7000 \end{cases}$$

Langkah 2: Pembentukan rule

Dalam hal ini rule-rule yang dibentuk sesuai dengan yang diketahui dalam soal

[R1] IF permintaan TURUN And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG;

[R2] IF permintaan TURUN And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

[R3] IF permintaan NAIK And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH;

[R4] IF permintaan NAIK And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

Langkah 3 : Mesin Inferensi

Pada mesin inferensi, diterapkan fungsi MIN untuk setiap aturan pada aplikasi fungsi implikasinya

[R1] IF permintaan TURUN And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERKURANG;

Perhitungan α -predikat dari hasil derajat keanggotaan permintaan turun dan persediaan banyak:

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_1 &= \mu_{pmtTURUN} \cap \mu_{psdBANYAK} \\ &= \min (\mu_{pmtTURUN} (4000), \mu_{psdBANYAK} (300)) \\ &= \min (0,25 ; 0,4) \\ &= 0,25\end{aligned}$$

Lihat himpunan BERKURANG pada grafik keanggotaan variabel Produksi Barang,

Perhitungan mencari nilai z :

$$(7000-z) / 5000 = 0,25 \quad z_1 = 5750$$

[R2] IF permintaan TURUN And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

Perhitungan α -predikat dari hasil derajat keanggotaan permintaan turun dan persediaan sedikit:

$$\begin{aligned}\alpha - \text{predikat}_2 &= \mu_{pmtTURUN} \cap \mu_{psdSEDIKIT} \\ &= \min (\mu_{pmtTURUN} (4000), \mu_{psdSEDIKIT} (300)) \\ &= \min (0,25 ; 0,6) \\ &= 0,25\end{aligned}$$

Lihat himpunan BERKURANG pada grafik keanggotaan variabel Produksi Barang,

Perhitungan mencari nilai z :

$$(7000-z) / 5000 = 0,25$$

$$z_2 = 5750$$

[R3] IF permintaan NAIK And persediaan BANYAK THEN produksi barang BERTAMBAH;

Perhitungan α -predikat dari hasil derajat keanggotaan permintaan naik dan persediaan banyak:

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_3 &= \mu_{pmtNAIK} \cap \mu_{psdBANYAK} \\ &= \min (\mu_{pmtNAIK} (4000), \mu_{psdBANYAK} (300)) \\ &= \min (0,75 ; 0,4) \\ &= 0,4\end{aligned}$$

Lihat himpunan BERTAMBAH pada grafik keanggotaan variabel Produksi Barang,

Perhitungan mencari nilai z :

$$(z-2000) / 5000 = 0,4$$

$$z_3 = 4000$$

[R4] IF permintaan NAIK And persediaan SEDIKIT THEN produksi barang BERKURANG;

Perhitungan α -predikat dari hasil derajat keanggotaan permintaan naik dan persediaan sedikit:

$$\begin{aligned}\alpha - predikat_4 &= \mu_{pmtNAIK} \cap \mu_{psdSEDIKIT} \\ &= \min (\mu_{pmtNAIK} (4000), \mu_{psdSEDIKIT} (300)) \\ &= \min (0,75 ; 0,6) \\ &= 0,6\end{aligned}$$

Lihat himpunan BERTAMBAH pada grafik keanggotaan variabel Produksi Barang,

Perhitungan mencari nilai z :

$$(z-2000) / 5000 = 0,6$$

$$z_4 = 5000$$

Langkah 4 : Defuzzifikasi

Nilai tegas z dapat dicari menggunakan rata-rata terbobot (Persamaan 2-10), yaitu :

$$\begin{aligned}Z &= \frac{\alpha pred_1 * z_1 + \alpha pred_2 * z_2 + \alpha pred_3 * z_3 + \alpha pred_4 * z_4}{\alpha pred_1 + \alpha pred_2 + \alpha pred_3 + \alpha pred_4} \\ Z &= \frac{0,25 * 5750 + 0,25 * 5750 + 0,4 * 4000 + 0,6 * 5000}{0,25 + 0,25 + 0,4 + 0,6} = \frac{7475}{1,5} = 4983\end{aligned}$$

Jadi jumlah makanan kaleng jenis ABC yang harus diproduksi sebanyak 4983 kemasan.

Metode *Fuzzy Tsukamoto* dipilih karena setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi

keanggotaan yang monoton, sehingga lebih cocok digunakan dalam melakukan perhitungan diagnosa penyakit pada tanaman jarak pagar. Sebagai hasil, output dari setiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan α , kemudian diperoleh hasil akhir dengan menggunakan rata-rata terpusat (Abdurahman, 2011).

2.8 Pengujian Sistem

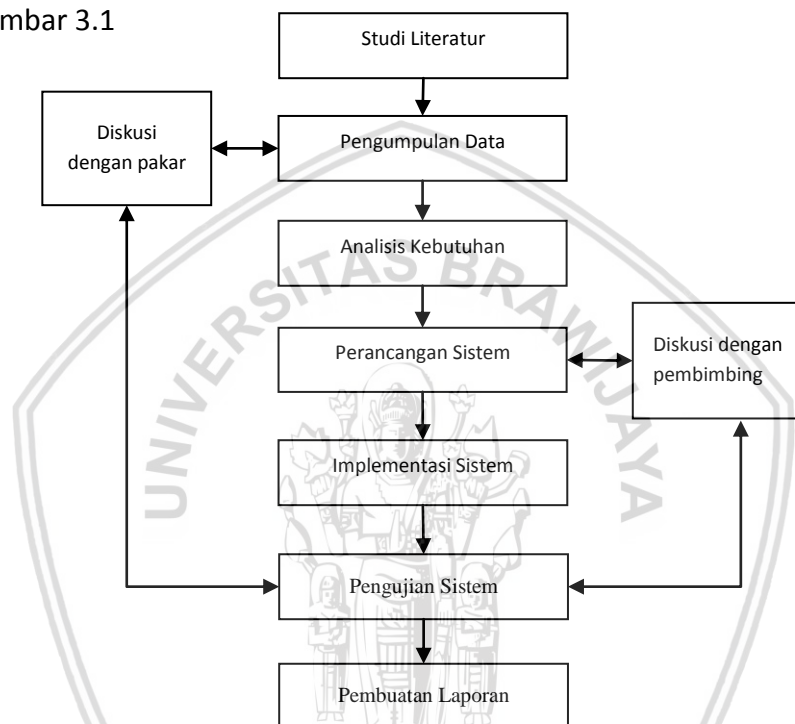
Pengujian sistem merupakan pengujian keberhasilan dan akurasi sistem yang telah dibuat pada tahap implementasi. Pengujian sistem dilakukan melalui dua cara yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian akurasi. Pengujian fungsionalitas akan menguji fungsionalitas sistem dapat berjalan dengan baik.

Sedangkan pengujian akurasi merupakan pengujian untuk seberapa dekat suatu nilai hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya (*true value* atau *reference value*). Dalam pengujian akurasi disediakan beberapa kasus uji yang akan didiagnosa oleh seorang pakar dan sistem diagnosa penyakit pada tanaman jarak pagar menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil diagnosa sistem akan dicocokkan dengan hasil diagnosa pakar untuk mendapatkan nilai akurasi sistem. (Hanafi, M, & Pramono, 2010). Rumusan untuk menghitung akurasi ditulis pada persamaan 2-11.

$$\text{Akurasi \%} = \frac{\text{Jumlah data uji benar}}{\text{Jumlah total data uji}} \times 100\% \quad (2-11)$$

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Tanaman Jarak Pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu observasi dan wawancara, analisis kebutuhan pengguna, perancangan sistem dan arsitektur sistem pakar, implementasi pengujian, dan pembuatan laporan. Berikut ini tahapan dalam penelitian ini dapat diilustrasikan dengan diagram blok metode penelitian seperti pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Blok Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Mengumpulkan dan mempelajari literatur dari beberapa bidang ilmu yang berhubungan dengan pembuatan pemodelan sistem pakar identifikasi penyakit jarak pagar, diantaranya:

- Sistem Pakar
- Metode *Fuzzy Tsukamoto*
- Identifikasi berbagai jenis penyakit pada tanaman jarak pagar.
- Pemrograman menggunakan bahasa pemrograman PHP
- DBMS *MySQL*
- Proses pengujian sistem.

Literatur tersebut diperoleh dari buku, jurnal, karya tulis ilmiah, website, penelitian sebelumnya, dan penjelasan dari pihak Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Malang serta pakar penyakit tanaman jarak pagar Ir. Titiek Yulianti M.Agr.Sc., Ph.D.

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di Balittas Malang. Variabel penelitian pada skripsi ini adalah jenis penyakit apa yang menyerang tanaman jarak pagar berdasarkan hasil perhitungan nilai probabilitas gejala tiap penyakit menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Selain hasil diagnosis penyakit, sistem pakar ini juga memberikan saran pengendalian yang perlu dilakukan sesuai dengan hasil diagnosis yang ada. Hipotesis dari penelitian ini adalah membuat sistem pakar untuk menentukan jenis penyakit apakah yang menyerang tanaman dan bagaimana saran pengendalian dari penyakit tersebut.

Cara pengumpulan data yang dilakukan untuk kegiatan penelitian terdapat dua jenis data yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder adalah data milik orang lain yang telah dikumpulkan dan tidak dipersiapkan untuk kegiatan penelitian tetapi dapat digunakan untuk tujuan penelitian seperti melalui buku literatur. Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari responden penelitian. Metode pengumpulan data primer yang bersifat kuantitatif dapat menggunakan instrumen kuisioner dan wawancara.

Pada Tabel 3.1 penentuan kebutuhan data pada penelitian yaitu :

1. Data mengenai penyakit yang ada pada tanaman jarak pagar. Sumber data dari buku literatur yang diperoleh dengan metode observasi dan digunakan sebagai data pengetahuan mengenai jenis penyakit tanaman jarak pagar dan saran pengendaliannya.
2. Nilai tiap gejala penyakit yang menyerang tanaman jarak pagar. Sumber data diperoleh dari pakar penyakit tanaman jarak pagar dengan metode wawancara. Data yang diperoleh digunakan untuk menentukan nilai perbandingan gejala tiap penyakit tanaman jarak pagar.
3. Data kasus tanaman jarak pagar yang terserang penyakit. Sumber data diperoleh dari Balittas, metode yang dilakukan dengan observasi. Kegunaan data adalah sebagai data yang akan digunakan dalam proses perhitungan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*.
4. Pengujian kasus perhitungan manual identifikasi penyakit tanaman jarak pagar. Sumber data pada kasus data tanaman jarak pagar yang terkena penyakit dari pakar. Metode yang digunakan adalah dengan observasi yang digunakan sebagai pengujian untuk menentukan jenis penyakit apa yang menyerang tanaman jarak pagar.

Tabel 3.1 Penentuan Kebutuhan Data Penelitian

No.	Kebutuhan Data	Sumber Data	Metode	Kegunaan Data
1.	Data penyakit tanaman jarak pagar	Buku Literatur	Observasi	Sebagai data pengetahuan penyakit tanaman jarak pagar dan saran pengendaliannya.
2.	Nilai tiap gejala penyakit tanaman jarak pagar	Pakar Penyakit tanaman jarak pagar	Wawancara	Menentukan nilai perbandingan gejala tiap penyakit tanaman jarak pagar.
3.	Data kasus tanaman jarak pagar yang terserang penyakit	Balittas	Observasi	Sebagai contoh perhitungan dengan metode Fuzzy Tsukamoto.
4.	Pengujian kasus perhitungan manual identifikasi penyakit tanaman jarak pagar	Data kasus tanaman jarak pagar yang terkena penyakit dari pakar Balittas	Observasi	Pengujian untuk menentukan jenis penyakit apa yang menyerang tanaman jarak pagar.

3.3 Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan yaitu tahapan yang dilakukan untuk menentukan kebutuhan apa saja yang dibutuhkan dalam membangun sistem pakar identifikasi penyakit tanaman jarak pagar. Berikut analisis kebutuhan dalam penelitian ini.

1. Kebutuhan perangkat keras, meliputi:
 - Laptop dengan *memory* 2 Gb
2. Kebutuhan perangkat lunak yang meliputi:
 - Sistem Operasi Windows 7
 - Google Chrome versi 39.0.2171.65
 - XAMPP versi 1.8.0
 - *Adobe Dreamweaver* 6
3. Kebutuhan data, meliputi:
 - Data penyakit pada tanaman jarak pagar

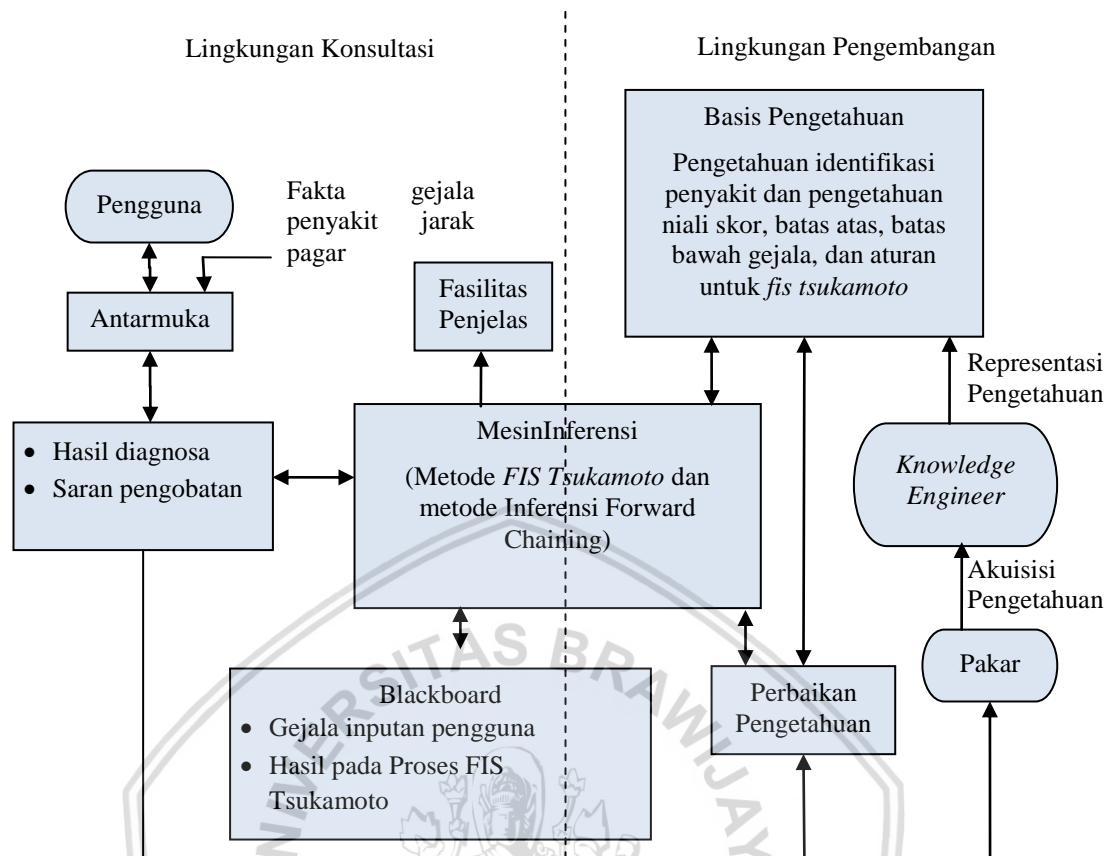
3.4 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem merupakan tahapan yang akan menjelaskan rancangan prosedur kerja dalam membangun sistem pakar identifikasi penyakit tanaman jarak pagar secara rinci. Prosedur yang akan dijelaskan meliputi segi model maupun dari segi arsitektur sistem pakar. Tahapan perancangan bertujuan untuk mempermudah implementasi dan pengujian dalam sistem pakar. Langkah kerja dalam sistem akan disesuaikan dengan arsitektur sistem pakar.

3.4.1 Arsitektur Sistem Pakar

Sistem Pakar identifikasi penyakit tanaman jarak pagar ini menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode Tsukamoto akan digunakan untuk memperoleh nilai probabilitas berdasarkan data sample/hasil observasi. Nilai probabilitas yang telah didapatkan akan digunakan sebagai proses pengambilan keputusan dalam melakukan identifikasi. Hasil output sistem ini terdiri dari jenis penyakit yang teridentifikasi.

Pada gambar 3.2 dijelaskan arsitektur sistem pakar yang mewakili beberapa komponen sistem pakar yang akan dibangun. Pada sistem identifikasi penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto* ini, terdapat pengguna yaitu orang awam yang membutuhkan solusi, saran, atau pelatihan (*training*) dari permasalahan penyakit tanaman jarak pagar. Antarmuka berfungsi sebagai perantara antara sistem pakar dan pengguna. Antarmuka pada sistem ini akan menampilkan halaman-halaman yang digunakan oleh pengguna untuk melakukan konsultasi, yaitu halaman untuk identifikasi, halaman saran pengendalian, serta halaman pendukung lainnya.

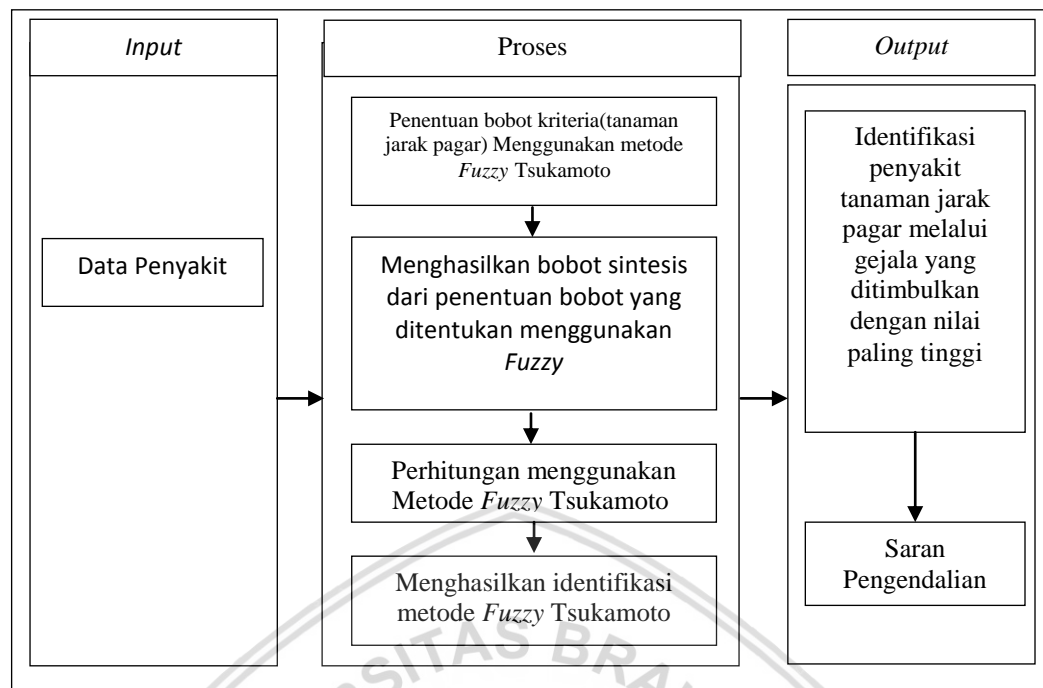


Gambar 3.2 Arsitektur Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Jarak Pagar

Pada basis pengetahuan, disimpan data nilai bobot penyakit yang akan digunakan mesin inferensi untuk melakukan penalaran. Mesin inferensi akan memproses data nilai bobot gejala menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*, sehingga dapat menghasilkan identifikasi sistem berupa penyakit jarak pagar apa yang menyerang tanaman sesuai dengan gejala-gejala yang dimasukkan oleh pengguna. Selain hasil identifikasi penyakit yang menyerang tanaman, terdapat juga saran pengendalian sesuai dengan gejala-gejala yang dimasukkan. *Blackboard* berfungsi sebagai penyimpanan hasil perhitungan sementara metode *Fuzzy Tsukamoto*. Penambahan data-data atau akuisisi pengetahuan tersebut ditambahkan oleh pakar dan akan disimpan dalam basis pengetahuan.

3.4.2 Diagram Blok Mesin Inferensi

Diagram blok mesin inferensi adalah diagram yang berbentuk blok-blok yang menggambarkan aliran proses dari komponen-komponen sistem yang memuat fungsi matematis dalam mesin inferensi. Diagram blok mesin inferensi menjelaskan cara kerja sistem yang dimulai dari masukan sampai keluaran yang dihasilkan. Diagram blok mesin inferensi yang akan digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Jarak Pagar

Pada Gambar 3.3 terdiri dari tiga proses utama, yaitu:

- **Input**

Input pada sistem pakar ini merupakan masukan dari pengguna berdasarkan gejala yang muncul tanaman yang terkena penyakit. Langkah selanjutnya dilakukan preproses data yang berfungsi untuk range yang ada pada setiap gejala. Hasil preproses akan menjadi kriteria masukan yang nantinya akan digunakan dalam proses perhitungan.

- **Proses**

Proses perhitungan pada penelitian ini dimulai dengan pemetaan dan perhitungan nilai bobot masukan ke dalam nilai *Fuzzy*. Hasil perhitungan nilai bobot menghasilkan bobot sintesis yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan untuk menghitung nilai dari setiap gejala penyakit yang terdapat pada tanaman jarak pagar.

- **Output**

Keluaran dari sistem pakar ini adalah identifikasi berupa penyakit yang diambil berdasarkan nilai paling tinggi. Selain hasil dari diagnosa penyakit, sistem juga memberikan saran pengendalian sesuai dengan penyakit yang menyerang tanaman jarak pagar.

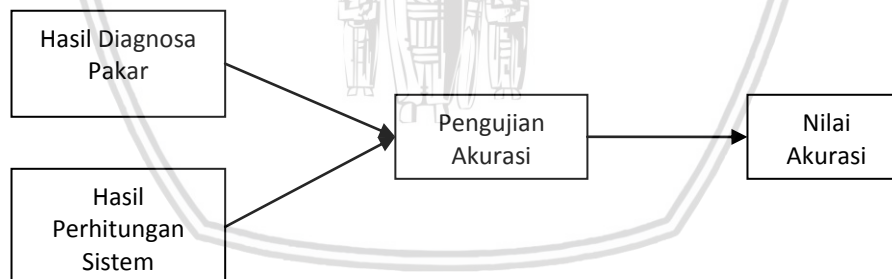
3.5 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahapan membangun sistem sesuai dengan perancangan yang telah dilakukan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam implementasi antara lain:

1. Implementasi *interface* (antarmuka) sistem pakar.
2. Implementasi algoritma *Fuzzy Tsukamoto* ke dalam bahasa pemrograman PHP.
3. Implementasi basis data dengan menggunakan *DBMS MySQL* pada server localhost (XAMPP) yang bertujuan untuk memudahkan melakukan manipulasi dan penyimpanan data.
4. Output yang diperoleh berupa informasi hasil identifikasi dan saran pengendalian penyakit tanaman jarak pagar.

3.6 Pengujian Sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap keberhasilan sistem pakar yang telah dibangun dan akurasi sistem yang telah dibuat pada tahap implementasi. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah sistem telah berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian sistem dilakukan melalui dua cara yaitu pengujian fungsionalitas, dan pengujian akurasi. Pada pengujian fungsionalitas, akan menguji fungsionalitas sistem dapat berjalan dengan baik dan tidak ada *error* yang terjadi. Sedangkan pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil diagnosa sistem dengan hasil diagnosa seorang pakar. Diagram blok pengujian akurasi sistem ditunjukkan gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram Blok Pengujian Akurasi Sistem

Dalam pengujian akurasi disediakan beberapa kasus uji yang akan diidentifikasi oleh seorang pakar dan sistem pakar identifikasi penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil diagnosa sistem akan dicocokkan dengan hasil diagnose pakar untuk mendapatkan nilai akurasi sistem.

3.7 Pembuatan Laporan

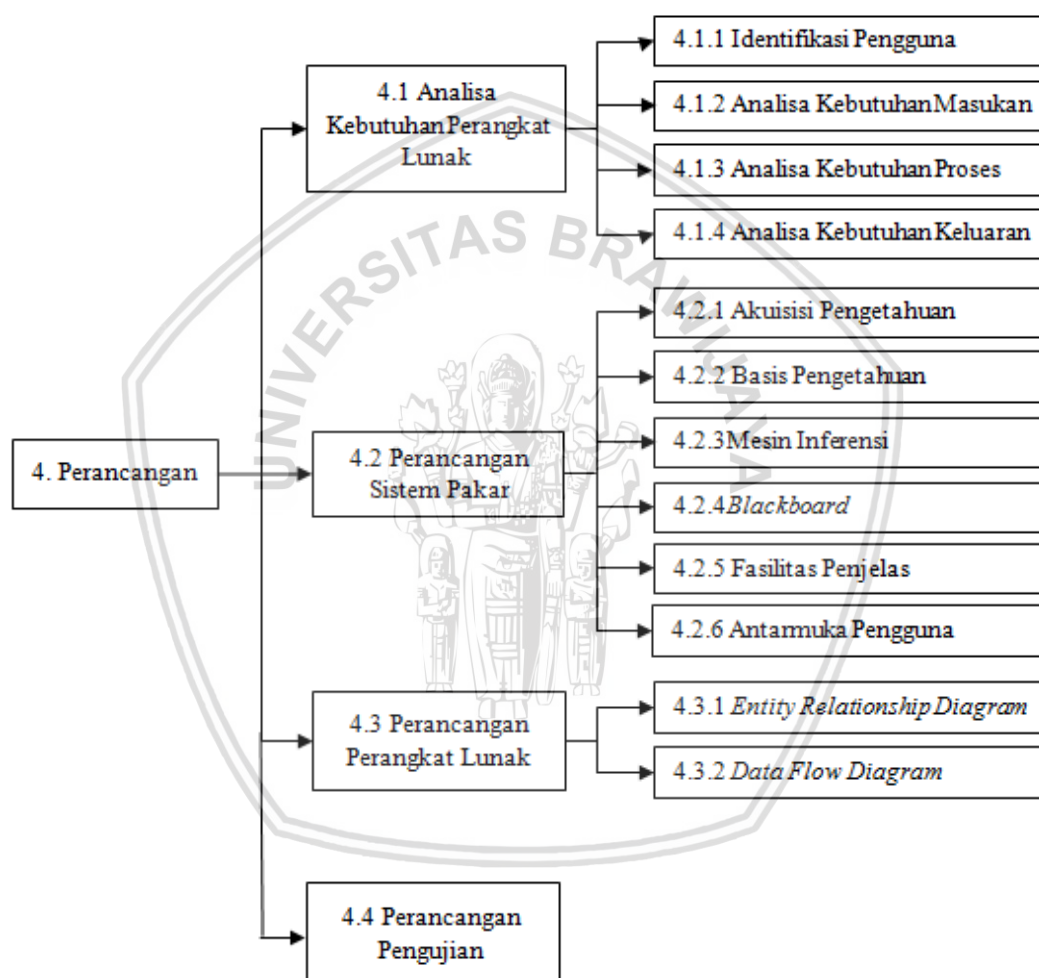
Pembuatan laporan adalah dokumentasi dari semua kegiatan yang telah dilakukan pada penelitian. Laporan penelitian memuat tentang latar belakang pembuatan penelitian, perancangan sistem, implementasi sistem pakar, pengujian sistem pakar, kesimpulan, dan saran sistem pakar diagnosa penyakit

Tanaman Jarak Pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Tujuan dari pembuatan laporan ini adalah untuk membuat penelitian ini lebih terperinci dan agak penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pada penelitian selanjutnya.



BAB 4 PERANCANGAN

Bab perancangan membahas tentang perancangan aplikasi sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *fuzzy tsukamoto*. Perancangan ini dilakukan dengan tiga tahap, yaitu analisa kebutuhan perangkat, perancangan sistem pakar, dan perancangan perangkat lunak aplikasi diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *fuzzy tsukamoto*. Pohon perancangan sistem pakar dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pohon Perancangan

4.1 Analisa Kebutuhan Perangkat

Analisa kebutuhan perangkat ini membahas tentang identifikasi aktor yang terlibat dalam sistem pakar, penjabaran kebutuhan masukan, kebutuhan proses, dan kebutuhan keluaran. Analisa kebutuhan ini digunakan untuk menggambarkan kebutuhan-kebutuhan pengguna yang harus disediakan pada

pembuatan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Berikut ini kebutuhan yang digunakan dalam pembuatan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar :

1. Kebutuhan *Hardware*, meliputi :
 - Laptop
2. Kebutuhan *Software*, meliputi :
 - Sistem Operasi Windows 8.1
 - Basisdata *MySQL*
 - Bahasa Pemrograman PHP
 - Editor Pemrograman Notepad ++
3. Data yang dibutuhkan, meliputi :
 - Data gejala penyakit tanaman jarak pagar dari Balittas Malang.
 - Deskripsi Penyakit dan cara pengobatan pada penyakit tanaman jarak pagar.

4.1.1 Identifikasi Pengguna

Identifikasi pengguna bertujuan untuk melakukan identifikasi terhadap pengguna yang akan berinteraksi dengan sistem pakar. Pengguna yang terlibat dalam sistem pakar beserta proses yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Identifikasi Pengguna

Pengguna	Deskripsi Pengguna
Pengguna	Aktor yang menggunakan sistem pakar untuk mendapatkan informasi penyakit tanaman jarak pagar. Aktor ini dapat melakukan login, menggunakan sistem pakar untuk diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan menginputkan gejala-gejala yang diderita tanaman jarak pagar, dan melihat informasi tentang penyakit tanaman jarak pagar.
Pakar (PK)	Aktor yang memiliki pengetahuan dalam bidang tertentu untuk memecahkan suatu masalah. Pakar dapat melakukan proses login, dapat mengolah data penyakit tanaman jarak pagar dan saran pengobatannya dan juga dapat melakukan diagnosa.
Admin	Aktor yang menyerap sumber pengetahuan dari pakar kemudian ditransformasikan ke basis pengetahuan. Admin

	dapat melakukan proses login dan mengelola manajemen user.
--	--

4.1.2 Analisa Kebutuhan Masukan

Seorang *knowledge engineer* memberikan inputan dalam sistem berupa :

- Data gejala yang belum terdapat dalam sistem. Data gejala meliputi nilai gejala dan nama gejala.
- Data penyakit berupa nama penyakit, deskripsi penyakit, serta pengobatan yang belum ada dalam sistem.
- Data pengguna yang berisi id petani, nama, alamat, dan email.
- Data aturan ditambahkan sesuai dengan gejala dan nama penyakit yang ditimbulkan. Data gejala yang diberikan berupa Domain gejala dan penyakit, dan skor gejala.
- Data aturan gejala spesifik untuk diagnosa spesifik.

Dari masukan *knowledge engineer* yang diperoleh dari pakar diatas digunakan sebagai basis pengetahuan dari sistem dalam diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Selain masukan dari *knowledge engineer* juga terdapat daftar kebutuhan. Daftar kebutuhan ini terdiri dari sebuah kolom yang menerangkan kebutuhan sistem maupun antarmuka yang harus disediakan oleh sistem, dan pada kolom yang lain akan menunjukkan nama proses yang akan menunjukkan fungsionalitas masing-masing kebutuhan. Daftar kebutuhan fungsional dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Deskripsi Kebutuhan Fungsional

ID	Requirement	Entitas	Nama Data Aliran
KF_1.	Sistem mampu melakukan <i>login</i>	PK, PU, KE	Masuk
KF_2.	Sistem mampu melakukan <i>logout</i>	PK, PU, KE	Keluar
KF_3.	Sistem mampu menyimpan data diagnosa yan dilakukan pengguna	PK	Laporan Diagnosa
KF_4.	Sistem mampu melakukan diagnosa penyakit tanaman jarak pagar	PU	Diagnosa Penyakit
KF_5.	Sistem mampu menampilkan artikel penyakit	PU, PK, KE	Artikel Penyakit
KF_6.	Sistem mampu menambah artikel penyakit	PK, KE	Tambah Artikel
KF_7.	Sistem mampu melakukan edit	PK, KE	EditArtikel

	artikel penyakit		
KF_8.	Sistem mampu melakukan delete artikel penyakit	PK, KE	HapusArtikel
KF_9.	Sistem mampu menampilkan saran pengobatan penyakit	PU, PK, KE	Saran Pengobatan
KF_10.	Sistem mampu merubah data saran pengobatan	PK, KE	EditSaran Pengobatan
KF_11.	Sistem mampu menampilkan data gejala	KE, PK	Data Gejala
KF_12.	Sistem mampu mengubah data gejala	KE, PK	EditGejala
KF_13.	Sistem mampu menambah data gejala	KE, PK	TambahGejala
KF_14.	Sistem mampu menghapus data gejala	KE, PK	HapusGejala
KF_15.	Sistem mampu menampilkan data penyakit	KE, PK	Data Penyakit
KF_16.	Sistem mampu mengubah data penyakit	KE, PK	EditPenyakit
KF_17.	Sistem mampu menambah data penyakit	KE, PK	TambahPenyakit
KF_18.	Sistem mampu menghapus data penyakit	KE, PK	HapusPenyakit
KF_19.	Sistem mampu menampilkan data <i>Rule</i>	KE, PK	Data <i>Rule</i>
KF_20.	Sistem mampu mengubah data <i>Rule</i>	KE, PK	Edit <i>Rule</i>
KF_21.	Sistem mampu menambah data <i>Rule</i>	KE, PK	Tambah <i>Rule</i>
KF_22.	Sistem mampu menghapus data <i>Rule</i>	KE, PK	Hapus <i>Rule</i>

Selain daftar kebutuhan fungsional juga terdapat daftar kebutuhan non fungsional. Daftar kebutuhan non fungsional dilakukan untuk mengetahui spesifikasi kebutuhan untuk sistem. Daftar kebutuhan non fungsional aplikasi sistem pakar dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Deskripsi Kebutuhan Non-Fungsional

Aktor	Deskripsi Aktor
-------	-----------------

<i>Availability</i>	Aplikasi ini dapat beroperasi selama waktu yang ditentukan. Aplikasi ini berbentuk web sehingga dapat diakses oleh pengguna umum yang sudah terdaftar, pakar dan knowledge engineer selama 24 jam.
<i>Response Time</i>	Aplikasi ini diharapkan cepat dalam melakukan proses penyimpanan data, pengubahan data, pencarian data, penghapusan data, dan penghitungan data. Tujuan dari response time yang cepat agar tidak mempengaruhi konsentrasi dari Pengguna umum yang sudah terdaftar, Pakar dan Knowledge engineer
<i>Security</i>	Aplikasi ini harus aman, karena terdapat data penting. Security pada sistem ini menggunakan fungsi login. Setiap PK, PU maupun KE akan diberikan hak akses untuk keamanan data berupa username dan password.

4.1.3 Analisa Kebutuhan Proses

Proses inti dari sistem ini adalah proses penalaran. Sistem akan melakukan penalaran tentang penyakit–penyakit yang diderita oleh tanaman jarak pagar berdasarkan gejala–gejala yang diinputkan oleh petani. Pada sistem telah disediakan aturan basis pengetahuan untuk penalaran jenis penyakit.

4.1.4 Analisa Kebutuhan Keluaran

Output dari sistem ini adalah hasil diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dan juga saran terapinya dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Hasil identifikasi tersebut berdasarkan fakta-fakta gejala pada tanaman jarak pagar yang pengguna inputkan saat melakukan identifikasi. Hasil output sistem terdiri dari nama pengguna, tanggal proses diagnosa, informasi mengenai penyakit yang menyerang, gejala penyakit, dan saran terapi yang harus diberikan pada penyakit tanaman jarak pagar.

4.2 Perancangan Sistem Pakar

Pada tahap ini akan dijelaskan bagaimana perancangan sistem pakar yang akan dibangun. Perancangan sistem pakar terdiri dari beberapa proses, diantaranya yaitu akuisisi pengetahuan, basis pengetahuan, mesin inferensi, blackboard, fasilitas penjelas, dan antarmuka. Metode *fuzzy tsukamoto* digunakan untuk proses pengambilan kesimpulan, sedangkan penelusuran jawaban untuk mencari jumlah nilai Z dari hasil perhitungan metode *fuzzy tsukamoto* menggunakan metode *Forward Chaining*.

4.2.1 Akuisisi Pengetahuan

Akuisisi pengetahuan adalah transformasi suatu keahlian dalam menyelesaikan permasalahan dari sumber pengetahuan atau pakar ke dalam komputer dan meletakkannya ke dalam basis pengetahuan dengan format tertentu. Pada tahapan ini seorang *Knowledge Engineer* berusaha memahami suatu pengetahuan untuk selanjutnya dipindahkan ke dalam basis pengetahuan. Pengetahuan *Knowledge Engineer* tidak hanya berasal dari pakar, namun juga dapat berasal dari buku, internet, dan literatur lainnya. Metode yang digunakan dalam akuisisi pengetahuan, antara lain:

1. Wawancara

Wawancara merupakan salah satu metode akuisisi pengetahuan yang banyak digunakan oleh *Knowledge Engineer*. Metode ini melibatkan narasumber atau pakar secara langsung dalam suatu wawancara. Tujuan dari wawancara ini adalah memperoleh pengetahuan pakar untuk domain masalah tertentu. Pada wawancara *Knowledge Engineer* mengumpulkan informasi mengenai penyakit pada tanaman jarak pagar, seperti jenis penyakit pada tanaman jarak pagar, langkah-langkah pakar dalam diagnosa penyakit tanaman jarak pagar, dan solusi penanganannya.

Informasi tentang jenis-jenis penyakit pada tanaman jarak pagar diperoleh dari buku-buku referensi penyakit pada tanaman jarak pagar. Data-data kasus penyakit pada tanaman jarak pagar diperoleh dari Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Malang. Sedangkan pengetahuan tentang gejala-gejala yang muncul pada penyakit tanaman jarak pagar diperoleh dari wawancara dengan Ir. Titiek Yulianti M.Agr.Sc., Ph.D.

2. Analisa Protokol

Pada proses analisa protokol, pakar penyakit tanaman jarak pagar yaitu Ir. Titiek Yulianti M.Agr.Sc., Ph.D. memberikan pengetahuan dan hasil penelitian. Pengetahuan dan hasil penelitian tersebut digunakan untuk proses pengambilan keputusan pada sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Pengetahuan dan hasil penelitian tersebut berbentuk data pengetahuan penyakit tanaman jarak pagar yang telah ditangani oleh Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Malang. Data tersebut berisi gejala-gejala yang berpengaruh terhadap suatu penyakit menurut pakar atau Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Malang. Data pengetahuan penyakit tanaman jarak pagar akan digunakan untuk pembentukan *rule* pada proses perhitungan dengan metode *fuzzy tsukamoto*. Pengambilan keputusan berdasarkan pada gejala-gejala yang ada pada data pengetahuan penyakit tanaman jarak pagar. Hasil akuisisi pengetahuan data pengetahuan penyakit tanaman jarak pagar dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Pengetahuan Penyakit Tanaman Jarak Pagar

No	Nama Penyakit	Gejala
1	Busuk Akar Pangkal Batang	Pangkal batang bercak luka dan basah pada akar yang berumur 1 -3 tahun masa pembibitan.
2	Tristeza	Gejala khas penyakit ini adalah daun-daun tanaman berubah warna menjadi perunggu atau kuning dan gugur sedikit demi sedikit.
3	Diplodia	Gejala awal berupa bercak basah berwarna gelap pada kulit batang dan mengalami pembusukan pada batang
4	CVPD	Daun berwarna kuning, daun menjadi kecil dan terdapat bercak mengelompok tidak merata.
5	Antraknosa	Pada buah adalah adanya bercak / bintik - bintik coklat kemerahan atau coklat hitam, berbentuk bulat pada permukaan kulit buah, lama - lama mengeras.

4.2.2 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan berisi tentang pengetahuan yang relevan yang diperlukan untuk memahami, merumuskan, dan memecahkan persoalan. Basis pengetahuan tersebut terdiri dari dua bentuk pendekatan yaitu pendekatan berbasis aturan yang direpresentasikan dalam bentuk fakta dan pendekatan berbasis kasus berisi tentang solusi yang telah dicapai sebelumnya dan diturunkan berdasarkan keadaan yang terjadi sekarang. Aturan-aturan tersebut dinyatakan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tabel Aturan

No	G1	G2	G3	G4	G5	Penyakit	Keterangan
1	Basah	Ringan	Muda	Sedikit	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
2	Basah	Sedang	Muda	Sedang	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
3	Basah	Berat	Muda	Banyak	Banyak	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
4	Basah	Sedang	Dewasa	Sedang	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
5	Basah	Berat	Dewasa	Sedang	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
6	Basah	Sedang	Tua	Sedikit	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
7	Basah	Berat	Tua	Banyak	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
8	Basah	Sedang	Tua	Sedikit	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
9	Segar	Sedang	Muda	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
10	Kering	Ringan	Dewasa	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
11	Segar	Sedang	Dewasa	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
12	Kering	Berat	Muda	Sedang	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
13	Segar	Berat	Dewasa	Sedikit	Sedikit	P3	Blendok (Diplodia)
14	Kering	Berat	Dewasa	Sedikit	Sedikit	P3	Blendok (Diplodia)
15	Kering	Berat	Tua	Sedang	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
16	Kering	Berat	Tua	Banyak	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
17	Kering	Berat	Muda	Sedikit	Banyak	P4	Antraknosa
18	Segar	Ringan	Muda	Banyak	Banyak	P4	Antraknosa
19	Segar	Ringan	Dewasa	Sedikit	Sedang	P4	Antraknosa
20	Segar	Berat	Dewasa	Banyak	Sedang	P4	Antraknosa
21	Kering	Sedang	Tua	Banyak	Banyak	P4	Antraknosa
22	Segar	Sedang	Tua	Banyak	Sedikit	P4	Antraknosa
23	Segar	Sedang	Muda	Sedang	Sedikit	P5	CVPD
24	Segar	Ringan	Muda	Sedikit	Banyak	P5	CVPD
25	Segar	Ringan	Dewasa	Sedikit	Banyak	P5	CVPD
26	Segar	Sedang	Tua	Sedang	Banyak	P5	CVPD
27	Segar	Ringan	Tua	Sedikit	Banyak	P5	CVPD

Keterangan:

G1 = Kondisi Akar

G2 = Busuk Batang

G3 = Umur Tanaman

G4 = Bercak Buah

G5 = Bercak Daun

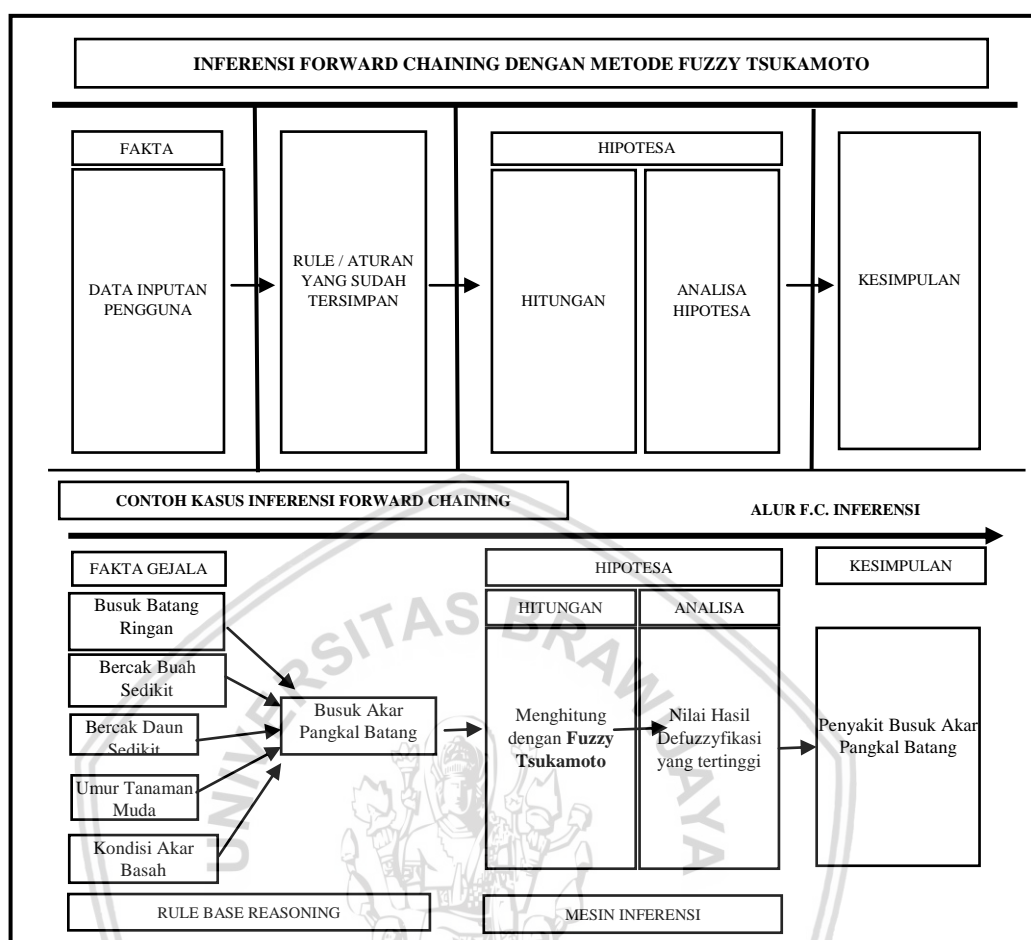
Selain tabel aturan-aturan juga terdapat tabel aturan keanggotaan tiap gejala penyakit tanaman jarak pagar. Pada tabel 4.6 adalah tabel nilai derajat keanggotaan tiap gejala penyakit tanaman jarak pagar. Masing-masing gejala memiliki tingkatan yang berbeda dan diberikan skor serta range batas atas dan bawah yang telah dikonsultasikan dengan pakar. Nilai derajat keanggotaan dari tiap-tiap penyakit pada tanaman jarak pagar yang digunakan untuk perhitungan penentuan nilai *deffuzifikasi* tiap penyakit. Nilai tersebut dijelaskan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Daftar Nilai Derajat Keanggotaan Gejala Tanaman Jarak Pagar

gejala	namagejala	Opsi	Batas Bawah	Batas Atas
G1	Kondisi Akar	Basah	0	15
		Segar	10	30
		Kering	15	30
G2	Busuk Batang	Ringan	0	10
		Sedang	5	15
		Berat	10	15
G3	Umur Tanaman	Muda	0	5
		Dewasa	4	8
		Tua	5	8
G4	Bercak Buah	Sedikit	0	25
		Sedang	15	50
		Banyak	25	50
G5	Bercak Daun	Sedikit	0	25
		Sedang	15	50
		Banyak	25	50

4.2.3 Mesin Inferensi

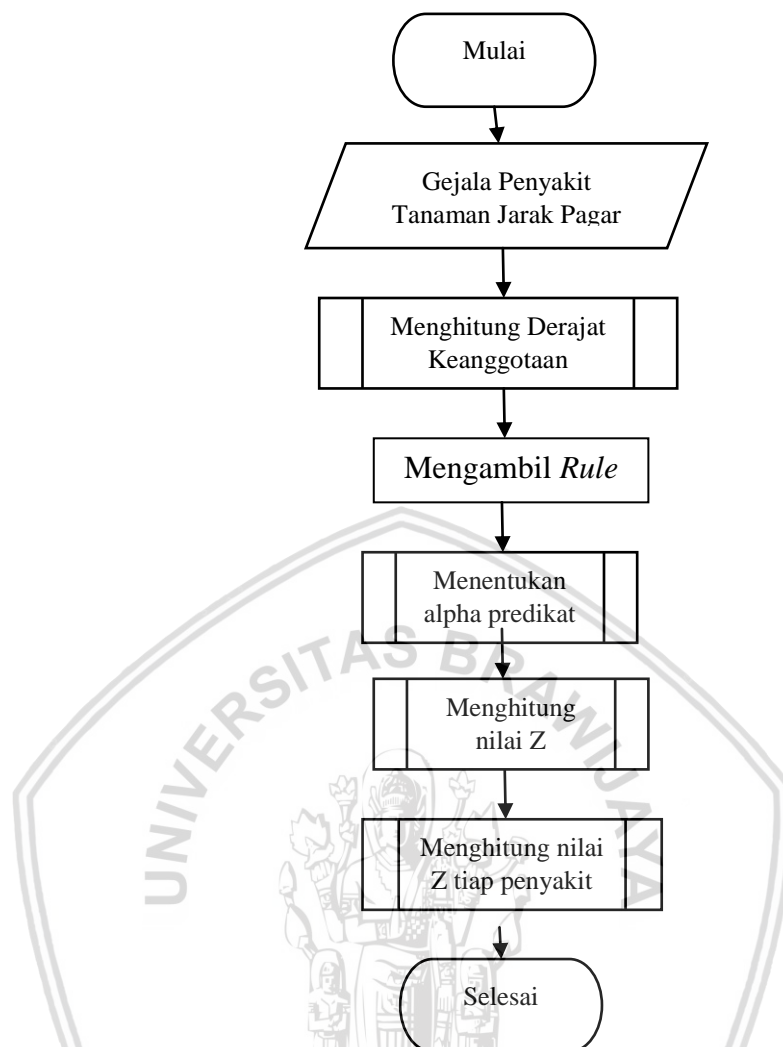
Mesin inferensi pada sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar ini menggunakan metode *forward chaining*. *Forward chaining* melakukan penelusuran dengan memulai dari sekumpulan fakta – fakta tentang suatu gejala yang diberikan oleh pengguna sebagai masukan sistem. Kemudian dilakukan pelacakan yaitu perhitungan dengan metode *Fuzzy Tsukamoto* sampai tujuan akhir berupa diagnosa penyakit tanaman jarak pagar yang menyerang dengan nilai skor tiap tingkatan gejala. Proses *Fuzzy Tsukamoto* dimulai dengan pencarian nilai *fuzzyfikasi*, nilai α -predikat, hasil inferensi, dan hasil *defuzzyfikasi*. Blok diagram alir proses metode inferensi *forward chaining* dan contoh kasus menggunakan metode *forward chaining* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Mesin Inferensi Forward Chaining dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto*

Proses penarikan kesimpulan pada mesin inferensi digunakan proses perhitungan dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Proses diawali dengan inputan yang diberikan oleh pengguna berupa gejala klinis. Gejala klinis tersebut akan dirubah menjadi nilai numerik oleh sistem pada tahap *fuzzyfikasi*. Hasil proses *fuzzyfikasi* tersebut akan digunakan untuk mencari nilai α -predikat dengan fungsi min. Nilai α -predikat tersebut akan digunakan untuk mencari hasil inferensi. Hasil inferensi tersebut yang akan digunakan untuk mencari *deffuzzyfikasi* dengan menggunakan rata-rata terbobot. Diagnosa penyakit diambil dari nilai *deffuzzyfikasi* terbesar.

Proses inferensi diagram alir sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar sebagai penarikan kesimpulan dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Diagram Alir Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar

Perhitungan manual berfungsi untuk memberikan gambaran umum perancangan sistem yang dibangun. Perhitungan manual berguna untuk memudahkan dalam proses pengembangan system. Dari metode *Fuzzy Tsukamoto* contoh langkah-langkah dalam perhitungannya yaitu sebagai berikut.

Contoh kasus untuk sebuah tanaman jarak pagar yang menderita gejala-gejala pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Tabel Gejala Penyakit Tanaman Jarak Pagar

gejala	namagejala	Nilai Input
G1	Kondisi Akar	
		16
G2	Busuk Batang	
		4
G3	Umur	

	Tanaman	3
G4	Bercak Buah	23
G5	Bercak Daun	26

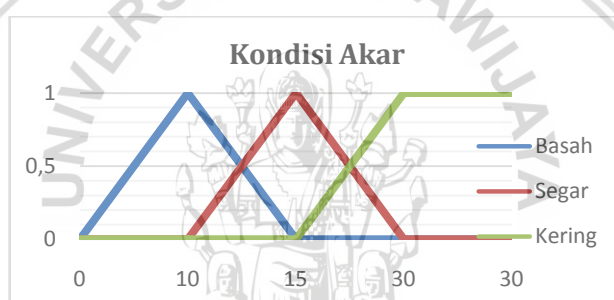
Rule yang yang digunakan adalah sebagai berikut:

[R24] IF G1 Segar AND G2 Ringan AND G3 Muda AND G4 Sedikit AND G5 Banyak

LANGKAH 1 : Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan tahapan untuk menentukan fungsi keanggotaan dari gejala yang diinputkan.

➤ G1

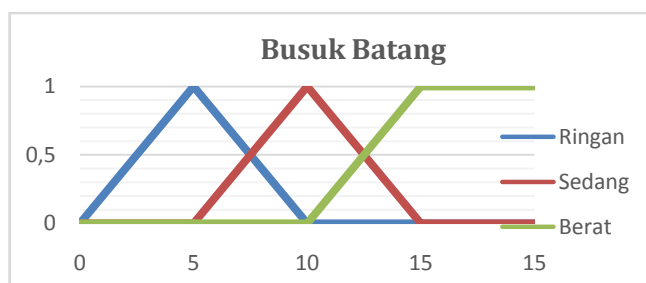


Gambar 4.4 Grafik Gejala Kondisi Akar

Berdasarkan Gambar 4.4 hasil perhitungan himpunan *fuzzy* gejala 1 yaitu Kondisi Akar adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{segar}}(x) = \frac{30 - 16}{30 - 15} = 0,9333$$

➤ G2

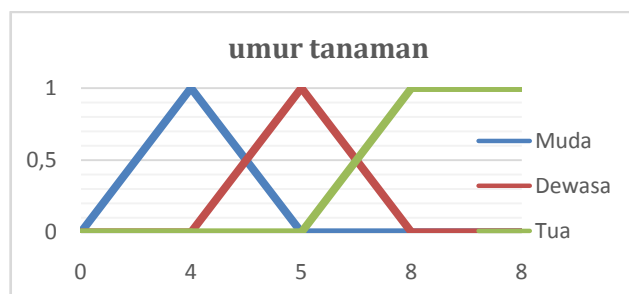


Gambar 4.5 Grafik Gejala Busuk Batang

Berdasarkan Gambar 4.5, hasil perhitungan himpunan *fuzzy* gejala 2 yaitu Busuk Batang adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{ringan}}(x) = \frac{4 - 0}{5 - 0} = 0,8000$$

➤ G3

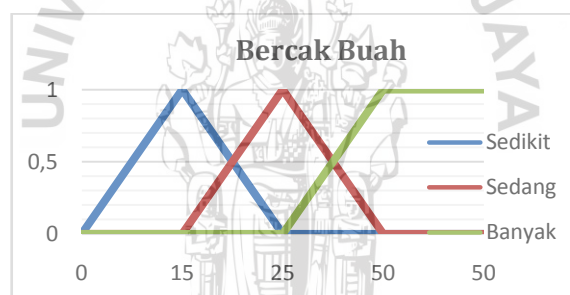


Gambar 4.6 Grafik Gejala Umur Tanaman

Berdasarkan Gambar 4.6 hasil perhitungan himpunan *fuzzy* gejala 3 yaitu Umur Tanaman adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Muda}}(x) = \frac{3 - 0}{4 - 0} = 0.7500$$

➤ G4

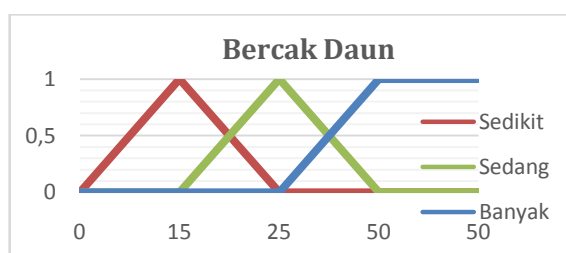


Gambar 4.7 Grafik Gejala Bercak Buah

Berdasarkan Gambar 4.7 hasil perhitungan himpunan *fuzzy* gejala 4 yaitu Bercak Buah adalah sebagai berikut:

$$\mu_{\text{Sedikit}}(x) = \frac{25 - 23}{25 - 15} = 0.2000$$

➤ G5



Gambar 4.8 Grafik Gejala Bercak Daun

Berdasarkan Gambar 4.8 hasil perhitungan himpunan *fuzzy* gejala 5 yaitu Bercak Daun adalah sebagai berikut:

$$\mu_{Banyak}(x) = \frac{26 - 25}{50 - 25} = 0.0400$$

LANGKAH 2: Pembentukan *rule*

[R24] IF G1 Segar AND G2 Ringan AND G3 Muda AND G4 Sedikit AND G5 Banyak

LANGKAH 3 dan 4: Menentukan α – *predikat* dan Nilai z

[R24] IF G1 Segar AND G2 Ringan AND G3 Muda AND G4 Sedikit AND G5 Banyak

Hasil perhitungan α – *predikat* berdasarkan *rule* sebagai berikut:

$$\alpha - \text{predikat} = \text{MIN} (0.9333, 0.8000, 0.7500, 0.2000, 0.0400)$$

$$\alpha - \text{predikat} = 0.0400$$

Hasil perhitungan nilai z adalah sebagai berikut:

$$z = \alpha - \text{predikat} * (10 - 0) + 0$$

$$z = 0.0400 * (10 - 0) + 0$$

$$z = 0.4$$

LANGKAH 5: Defuzzifikasi

Nilai tegas Z dapat dicari menggunakan rata-rata tebobot tiap penyakit, yaitu :

$$Z_{p5} = \frac{0*0 + 0.04*0.4}{0+0.4} = 0.0160 \quad (2-10)$$

Jadi tanaman jarak pagar tersebut menderita penyakit **CVPD** karena memiliki nilai *defuzzifikasi* paling tinggi.

4.2.4 Blackboard

Blackboard adalah area memori yang berfungsi sebagai basis data yang tujuannya merekam hasil sementara. *Blackboard* berisi rencana solusi yang berupa data yang digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam memberikan kesimpulan akhir. Pada sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar, data yang disimpan pada area ini adalah data input gejala yang diberikan oleh pengguna, hasil *fuzzyfikasi*, *Rule*, hasil inferensi (α dan hasil inferensi), dan nilai *defuzzifikasi*.

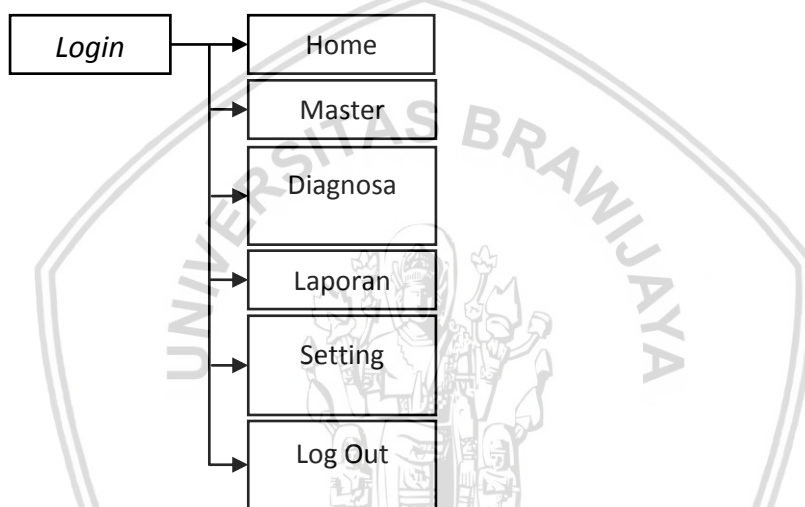
4.2.5 Fasilitas Penjelas

Fasilitas penjelasan sistem berfungsi untuk memberikan penjelasan tentang cara bagaimana program dapat dijalankan hingga bagaimana cara mengambil sebuah kesimpulan. Kemampuan ini sangat penting dalam memindahkan pengetahuan pakar kedalam komputer dan dalam memecahkan masalah. Dalam sistem pakar diagnosa penyakit pada tanaman jarak pagar ini fasilitas penjelasan berisi informasi tentang bagaimana cara melakukan

konsultasi dengan sistem hingga ditemukannya sebuah solusi berupa hasil diagnosa.

4.2.6 Antarmuka Pengguna

Antarmuka adalah mekanisme yang digunakan untuk berkomunikasi dengan sistem pakar, seperti melihat informasi yang ada pada sistem, melakukan diagnosa dsb, yang dilakukan oleh pengguna. Antarmuka akan menerima informasi dari pengguna dan akan merubahnya menjadi bentuk yang dapat diterima oleh sistem. antarmuka menyediakan tampilan yang mudah dimengerti oleh pengguna agar pengguna dapat dengan mudah memahami sistem. pada bagian ini akan dijelaskan mengenai spesifikasi rancangan antarmuka sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *fuzzy tsukamoto*. *Sitemap* pengguna ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Sitemap Pengguna

(a) Antarmuka Halaman *Log in*

Halaman *Login* merupakan halaman awal saat admin ingin menggunakan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Semua admin yang ingin menggunakan sistem pakar ini harus melakukan *login* terlebih dahulu. Pada halaman *login* admin dapat memulai proses *login* dengan memasukkan nama dan *password* pada *textbox* yang sudah disediakan. Antarmuka halaman *login* dapat dilihat pada gambar 4.10.

Judul Penelitian
<div>Nama Penulis</div> <div> <input type="text" value="Username"/> <input type="password" value="Password"/> </div> <div> <input type="button" value="Log In"/> </div> <hr/> <div> <input type="button" value="Clear"/> </div>

Gambar 4.10 Antarmuka Halaman *Log In***(b) Antarmuka Halaman *Home***

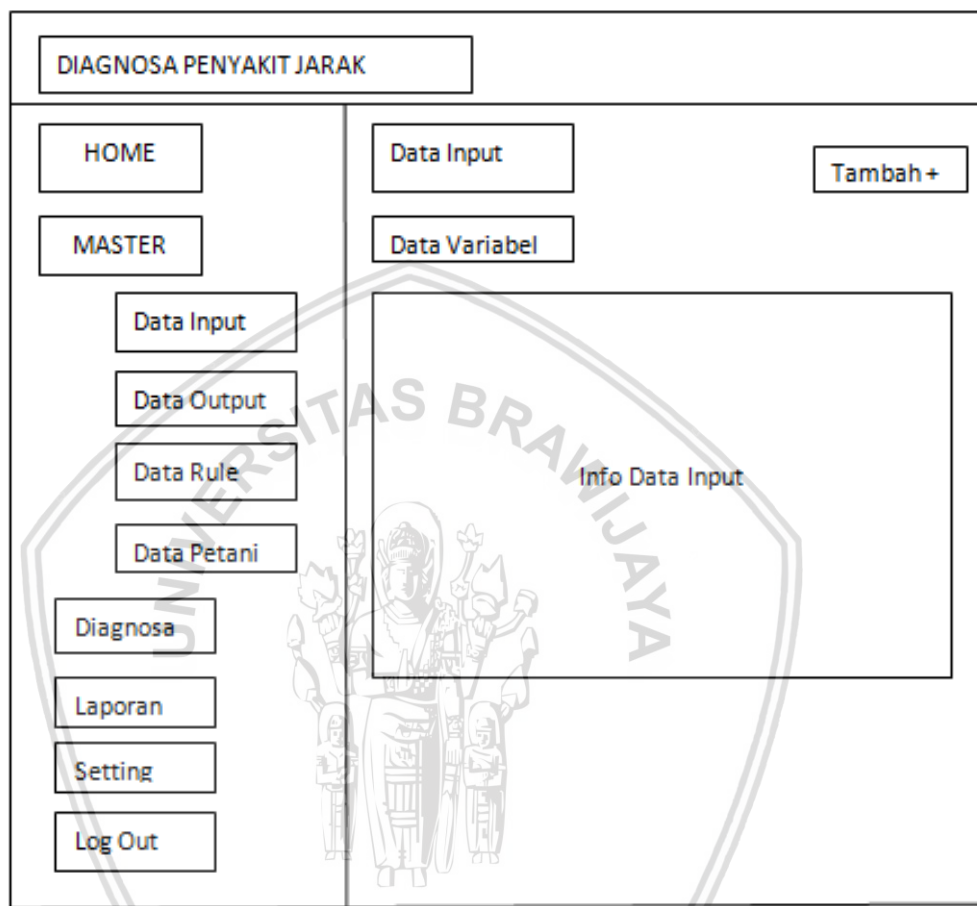
Halaman *home* merupakan halaman pertama setelah halaman *login* saat admin ingin menggunakan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Pada halaman *home* admin dapat melihat info mengenai tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman *home* dapat dilihat pada gambar 4.11.

Diagnosa Penyakit Jarak	
<div>Pengetahuan</div> <div>Master</div> <div>Diagnosa</div> <div>Laporan</div> <div>Setting</div> <div>Log Out</div>	<div>PEMODELAN SISTEM PAKAR DIAGNOSA PENYAKIT TANAMAN JARAK PAGAR</div> <div> <div>Info</div> </div>

Gambar 4.11 Antarmuka Halaman *Home*

(c) Antarmuka Halaman Master

Halaman *master* merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman master admin dapat mengakses halaman data input variable, data output variable, data rule, data petani. Antarmuka halaman *master* dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Antarmuka Halaman Master

(d) Antarmuka Halaman Diagnosa

Halaman diagnosa merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman diagnosa admin dapat memulai diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman *diagnosa* dapat dilihat pada gambar 4.13.

Gambar 4.13 Antarmuka Halaman Diagnosa

(e) Antarmuka Halaman Laporan

Halaman laporan merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman laporan admin dapat melihat *track record* yang telah melakukan diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman laporan dapat dilihat pada gambar 4.14.

DIAGNOSA PENYAKIT JARAK	
HOME	LAPORAN HASIL DIAGNOSA
MASTER	SEARCH
DIAGNOSA	
LAPORAN	
Hasil Diagnosa	
Setting	
Log Out	
Nama Petani 1	Solusi 1
Nama Petani 2	Solusi 2
Nama Petani 3	Solusi 3
Dst.	Dst.

Gambar 4.14 Antarmuka Halaman Laporan

(f) Antarmuka Halaman *Setting*

Halaman *setting* merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman *setting* admin dapat melihat *data user* yang telah melakukan *login* pada sistem. Antarmuka halaman *setting* dapat dilihat pada gambar 4.15.

DIAGNOSA PENYAKIT JARAK		
HOME	USER	
MASTER	DAFTAR USER	Tambah+
DIAGNOSA		
LAPORAN		
SETTING		
Data User		
Log Out		
Nama	Aktif (v)	Action
Admin	v	Setting

Gambar 4.15 Antarmuka Halaman Setting

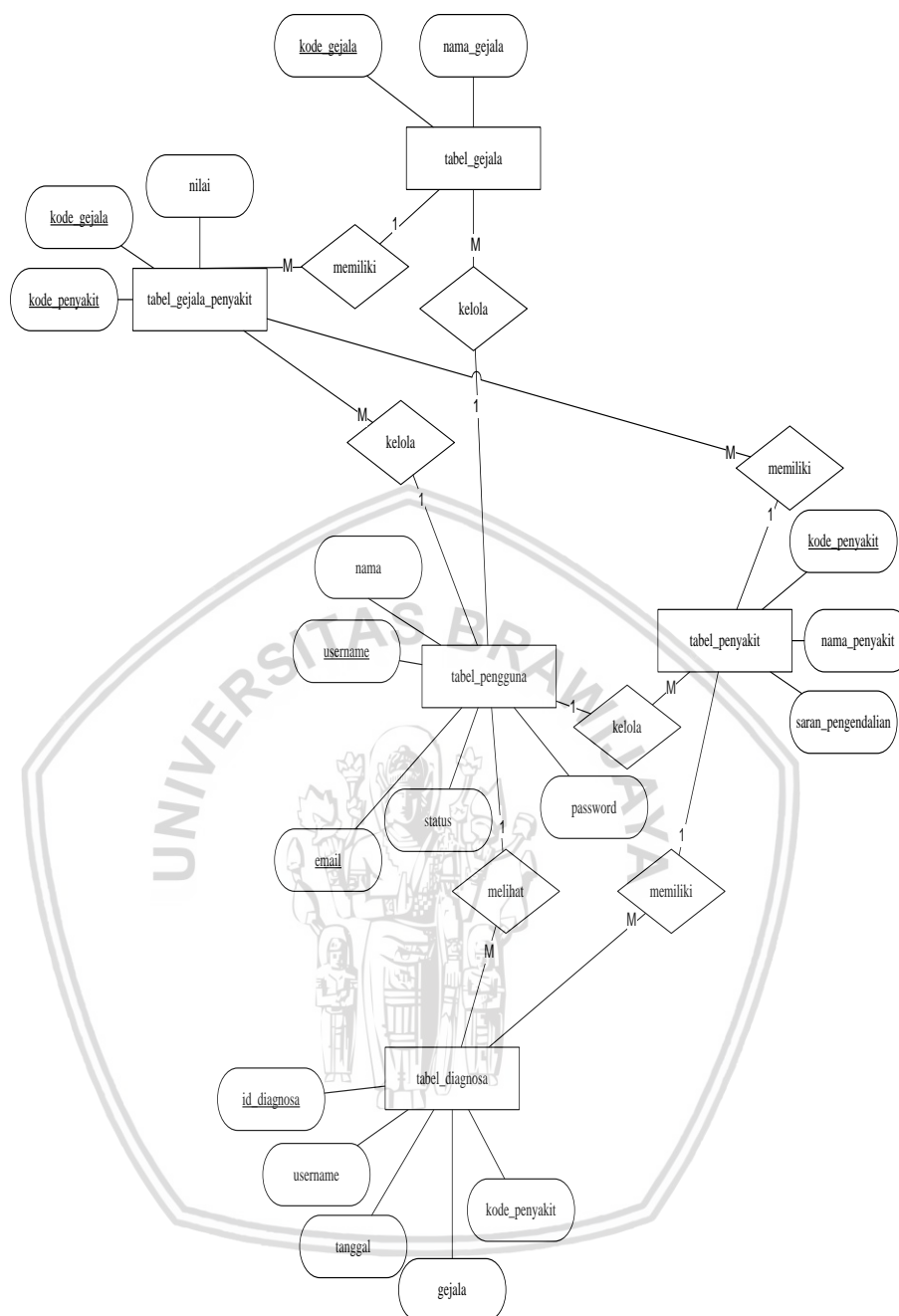
4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini menjelaskan mengenai pola hubungan antar komponen-komponen detail sehingga mampu membentuk sebuah fungsi yang mampu memberikan pelayanan terhadap kebutuhan *pengguna*. Perancangan perangkat lunak menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) sebagai pemodelan perangkat lunak dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) sebagai rancangan basis datanya.

4.3.1 Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) adalah diagram yang dipakai untuk mendokumentasikan data dengan mengidentifikasi jenis entitas dan hubungannya. ERD berisi komponen-komponen himpunan entitas dan himpunan relasi yang masing-masing dilengkapi dengan atribut yang merepresentasikan seluruh fakta yang ditinjau dari keadaan nyata. Pada ERD aplikasi sistem pakar identifikasi hama tanaman jarak pagar ini terdapat lima entitas yang digunakan, yaitu entitas admin, penyakit, gejala, aturan, dan hasil identifikasi. rancangan Entity Relationship Diagram (ERD) Sistem Pakar ditunjukkan pada gambar 4.16.





Gambar 4.16 Rancangan ERD Sistem Pakar

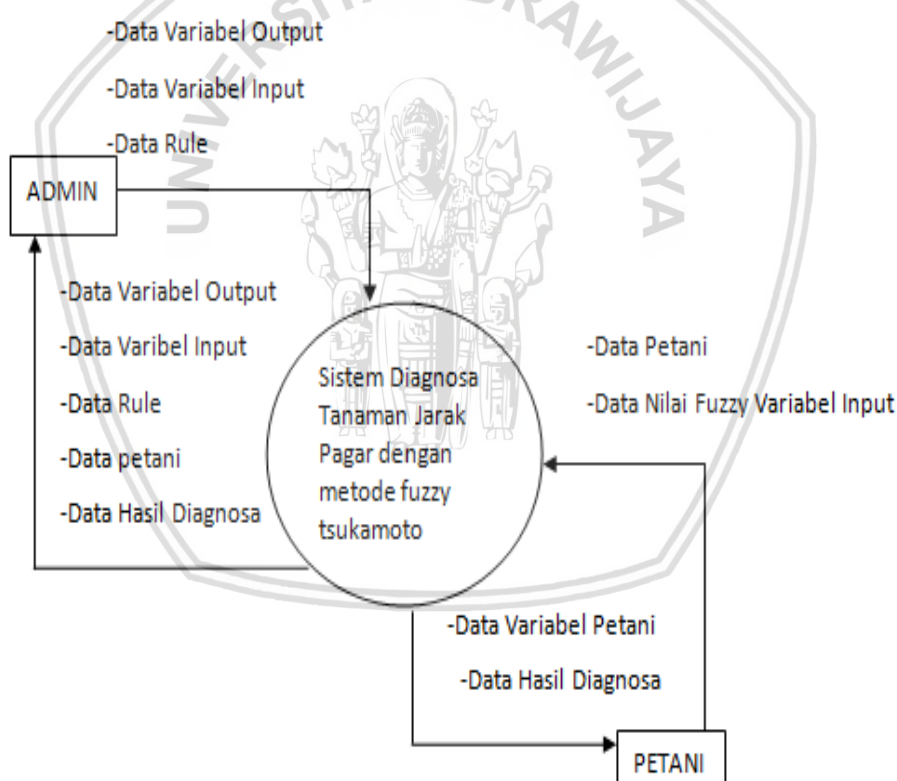
Diagram ERD pada gambar 4.11 terdapat lima entitas, yaitu admin/pengguna, diagnosa, gejala, penyakit dan solusi pengobatan. Entitas pengguna mempunyai atribut id_pengguna (PK), username, password, nama, tanggal lahir, dan email. Entitas diagnosa mempunyai atribut id_diagnosa (PK) dan tanggal. Entitas gejala mempunyai atribut id_gejala (PK), densitas, dan nama_gejala. Entitas penyakit mempunyai atribut id_penakit (PK) dan nama_penakit. Sedangkan entitas solusi pengobatan mempunyai atribut id_solusi (PK) dan solusi.

4.3.2 Data Flow Diagram

Data Flow Diagram merupakan diagram yang menjelaskan atau menggambarkan bagaimana aliran data pada sebuah sistem informasi. DFD dapat menggambarkan proses-proses didalam sebuah sistem dengan menggunakan sudut pandang data. Rancangan sistem dimodelkan dalam bentuk *data flow diagram* level 0, level 1 dan level 2.

1. Diagram Konteks

Admin merupakan seseorang yang bertugas melakukan penginputan data variabel *input* dan *output*, data-data rule kedalam basis data, data tersebut digunakan untuk proses diagnosa penyakit tanaman jarak pagar, kemudian data tersebut di proses dalam basis pengetahuan yang bertujuan untuk mendapatkan sistem pendidiagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Setelah melakukan sistem diagnosa sistem akan memberikan informasi tentang hasil diagnosa kepada *user/petani*. Diagram Konteks ditunjukkan pada gambar 4.17.

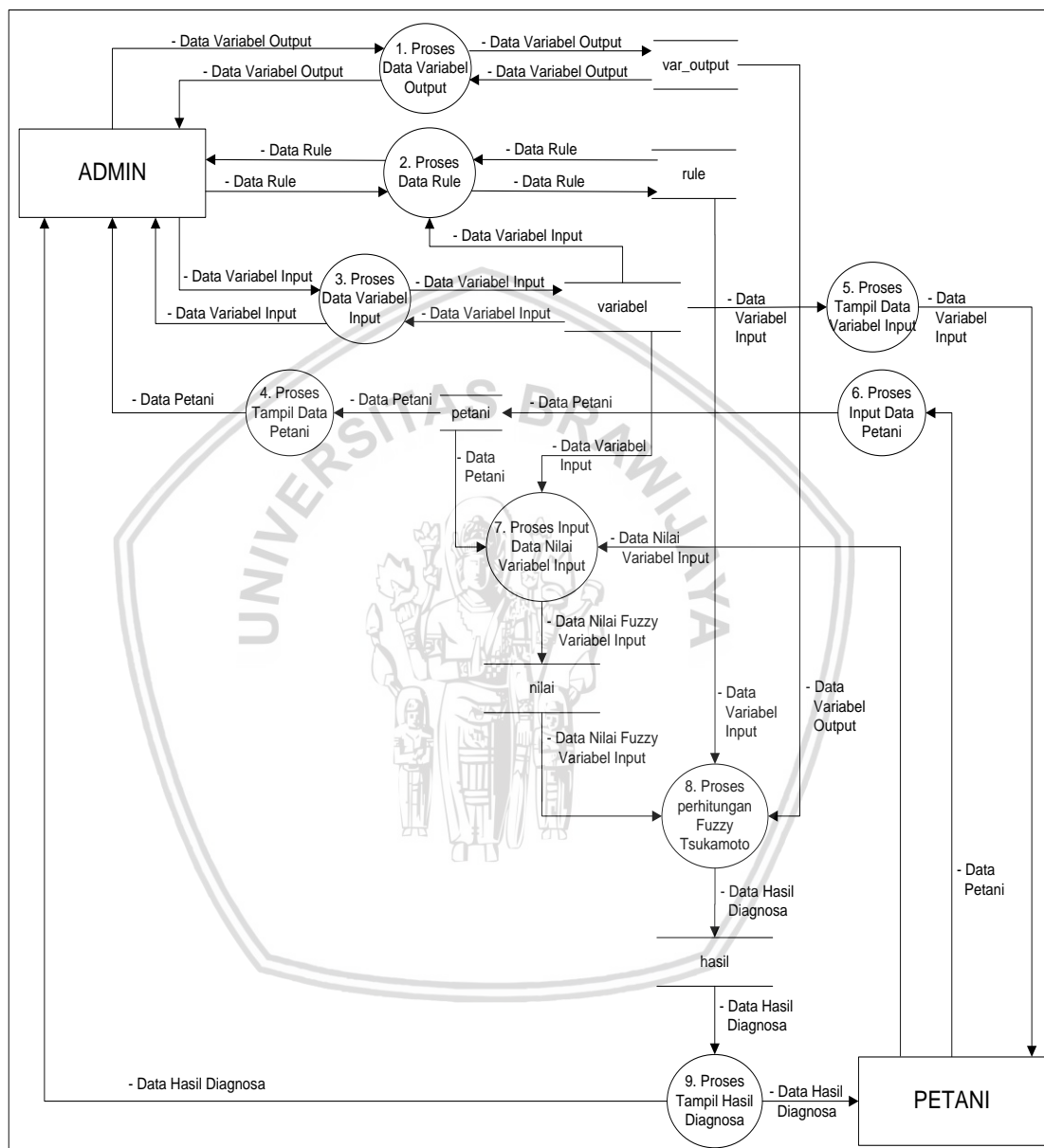


Gambar 4.17 Data Flow Diagram Konteks

2. Data Flow Diagram Level 1

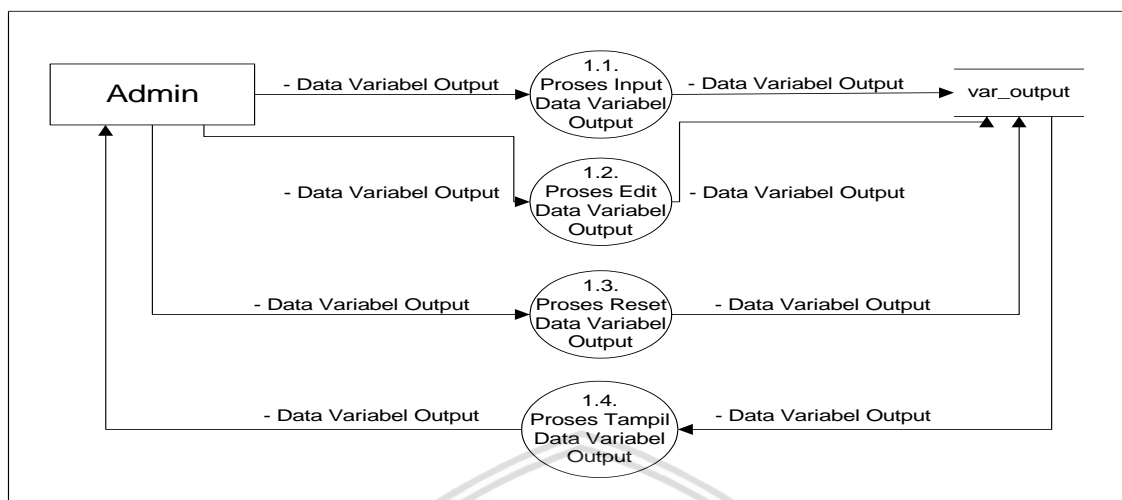
Pada data flow diagram level satu admin melakukan proses penginputan data variabel *input*, data variabel *output*, dan data *rule* secara keseluruhan kemudian data disimpan kedalam tabel masing-masing. Tabel tersebut digunakan untuk

keperluan proses diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Sistem akan memberikan informasi tentang diagnosa penyakit tanaman jarak pagar berdasarkan nilai-nilai variabel yang diinputkan oleh *user*/petani, akan memberikan informasi diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Data *flow diagram* level satu ditunjukkan pada gambar 4.18.



Gambar 4.18 Data Flow Diagram Level 1

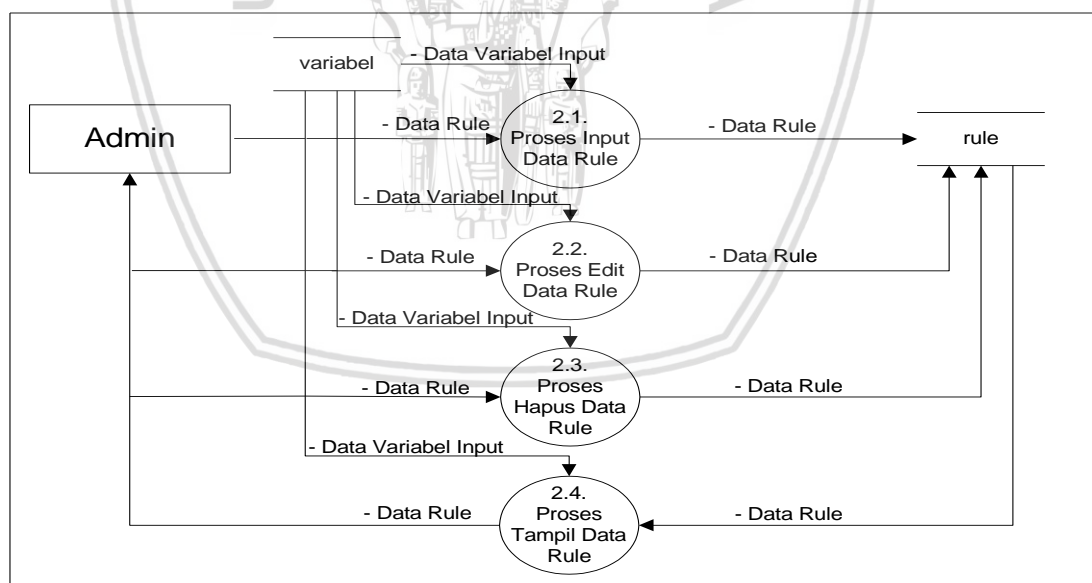
3. Data Flow Diagram Level 2 Dari Proses 1 DFD Level 2 Proses 1 Admin melakukan proses *input* data variabel output kemudian disimpan kedalam tabel *var_output*, admin juga bertugas melakukan perubahan pada isi data variabel *output* apa bila terdapat kesalahan dalam penginputan data. Data Flow Diagram Level 2 ditunjukkan pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Data Flow Diagram Level 2 Dari Proses 1

4. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 2

DFD level 2 dari proses 2 Admin melakukan proses *input* data *rule* kemudian disimpan kedalam tabel *rule*, admin juga bertugas melakukan perubahan pada isi data *rule* apa bila terdapat kesalahan dalam penginputan data. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 2 ditunjukkan pada gambar 4.20.

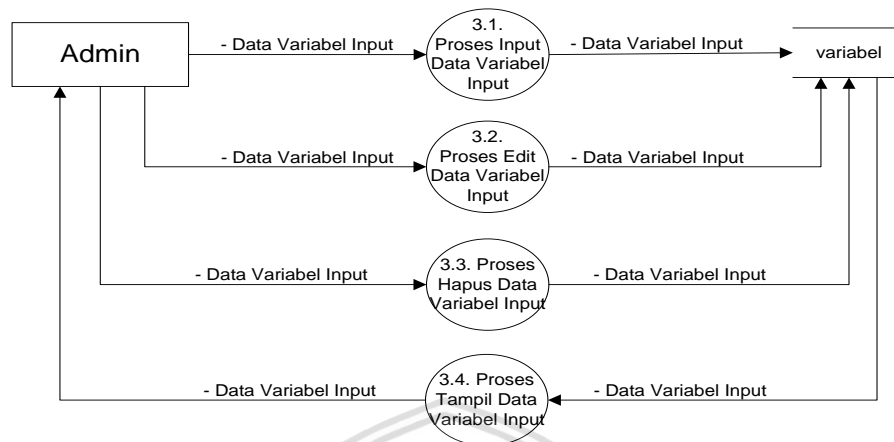


Gambar 4.20 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 2

5. Data Flow Diagram Level 2 dari Proses 3

DFD level 2 dari proses 3 Admin melakukan proses *input* data variabel *input* kemudian disimpan kedalam tabel variabel, admin juga bertugas melakukan perubahan pada isi data variabel *input* apabila terdapat kesalahan

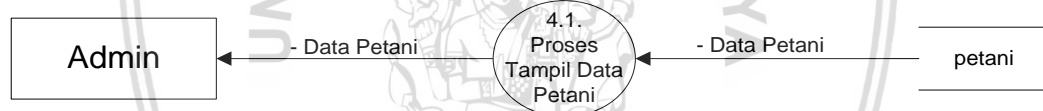
dalam penginputan data. Data Flow Diagram Level 2 dari Proses 3 ditunjukkan pada gambar 4.21.



Gambar 4.21 Data Flow Diagram Level 2 dari Proses 3

6. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 4

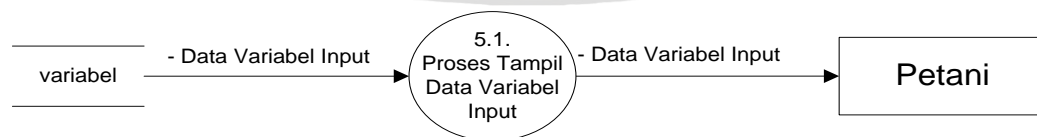
Data Flow Diagram Level 2 dari proses 4 melakukan proses tampil data petani dari tabel petani kemudian ditampilkan ke Admin. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 4 ditunjukkan pada gambar 4.22.



Gambar 4.22 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 4

7. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 5

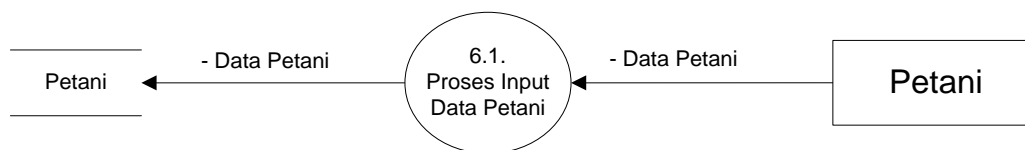
Data Flow Diagram Level 2 dari proses 5 melakukan proses tampil data variabel input dari tabel variabel kemudian ditampilkan ke Petani Data Flow Diagram Level 2 dari proses 5 ditunjukkan pada gambar 4.23.



Gambar 4.23 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 5

8. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 6

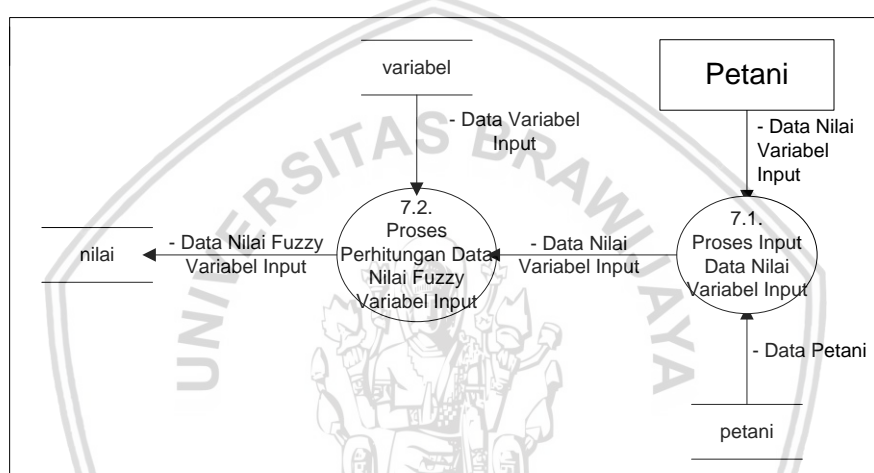
Petani melakukan proses *input* data Petani pada proses Data Flow Diagram Level 2 dari proses 6, yaitu data Petani kemudian disimpan kedalam tabel Petani. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 6 ditunjukkan pada gambar 4.24.



Gambar 4.24 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 6

9. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7

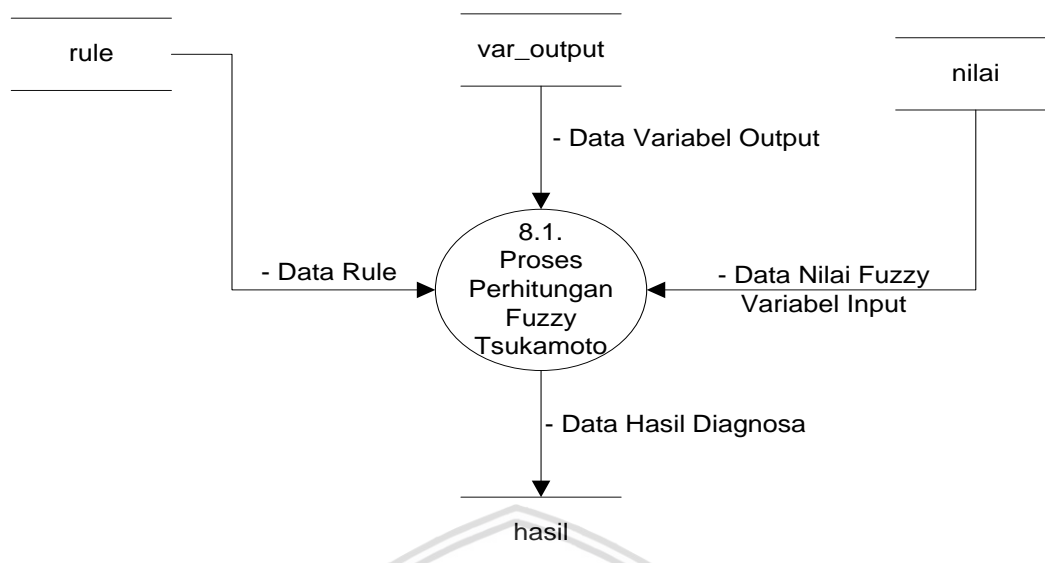
Petani melakukan proses input data nilai variabel *input* pada proses Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7.1, kemudian pada proses Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7.2 data nilai variabel input dihitung nilai *fuzzy* nya dan disimpan dalam tabel nilai. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7 ditunjukkan pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Data Flow Diagram Level 2 dari proses 7

10. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 8

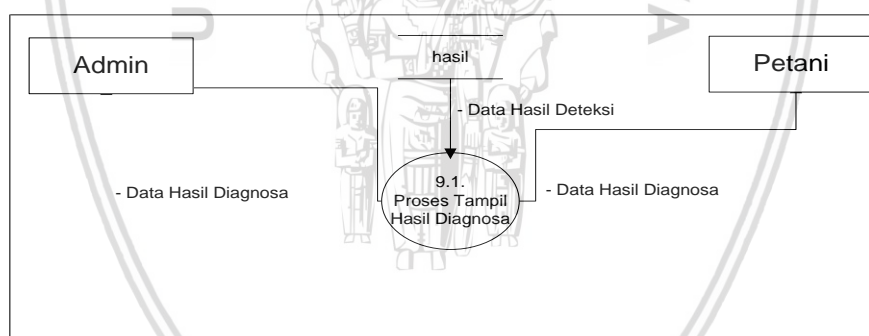
Pada proses Data Flow Diagram Level 2 dari proses 8.1, melakukan proses perhitungan Fuzzy Tsukamoto dari data nilai *fuzzy* variabel input, data rule, dan data variabel output dan disimpan dalam tabel hasil. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 8 ditunjukkan pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Data Flow Diagram Level 1 dari proses 8

11. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 9

Pada proses Data Flow Diagram Level 2 dari proses 9.1, melakukan proses tampil dari hasil perhitungan *Fuzzy Tsukamoto* yang disimpan dalam tabel hasil ke Petani dan Admin. Data Flow Diagram Level 2 dari proses 9 ditunjukkan pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Data Flow Diagram Level 1 dari proses 9

4.4 Perancangan Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan dua buah pengujian, yakni pengujian fungsionalitas dan pengujian akurasi pakar. Pengujian fungsionalitas adalah pengujian yang untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun telah sesuai dengan kebutuhan-kebutuhan sistem yang telah ditentukan. Skenario pengujian fungsionalitas ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tabel Skenario Pengujian Fungsionalitas

No.	Kode	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan
1.	TRS_F_100	Menampilkan halaman utama	Sistem mampu menampilkan halaman utama (beranda) yang berisi informasi tanaman jarak pagar.
2.	TRS_F_200	Melakukan diagnosa	Menu Diagnosa mampu mengantarkan pengguna menuju halaman formulir diagnosa.
3.	TRS_F_201	Menampilkan formulir diagnosa	Sistem mampu menampilkan formulir gejala-gejala penyakit tanaman jarak pagar.
4.	TRS_F_202	Menampilkan hasil diagnosa	Sistem mampu menampilkan hasil perhitungan, hasil diagnosa gejala, dan solusi dengan benar.
5.	TRS_F_300	Menampilkan informasi data rule	Menu informasi data rule dapat menampilkan data rule yang menjadi acuan perhitungan sistem.
6.	TRS_F_301	Menampilkan informasi data gejala	Menu informasi data gejala dapat menampilkan data gejala yang menjadi acuan diagnosa.
7.	TRS_F_400	Menampilkan informasi penyakit tanaman jarak pagar	Menu informasi penyakit tanaman jarak pagar mampu menampilkan halaman informasi mengenai penyakit tanaman jarak pagar.

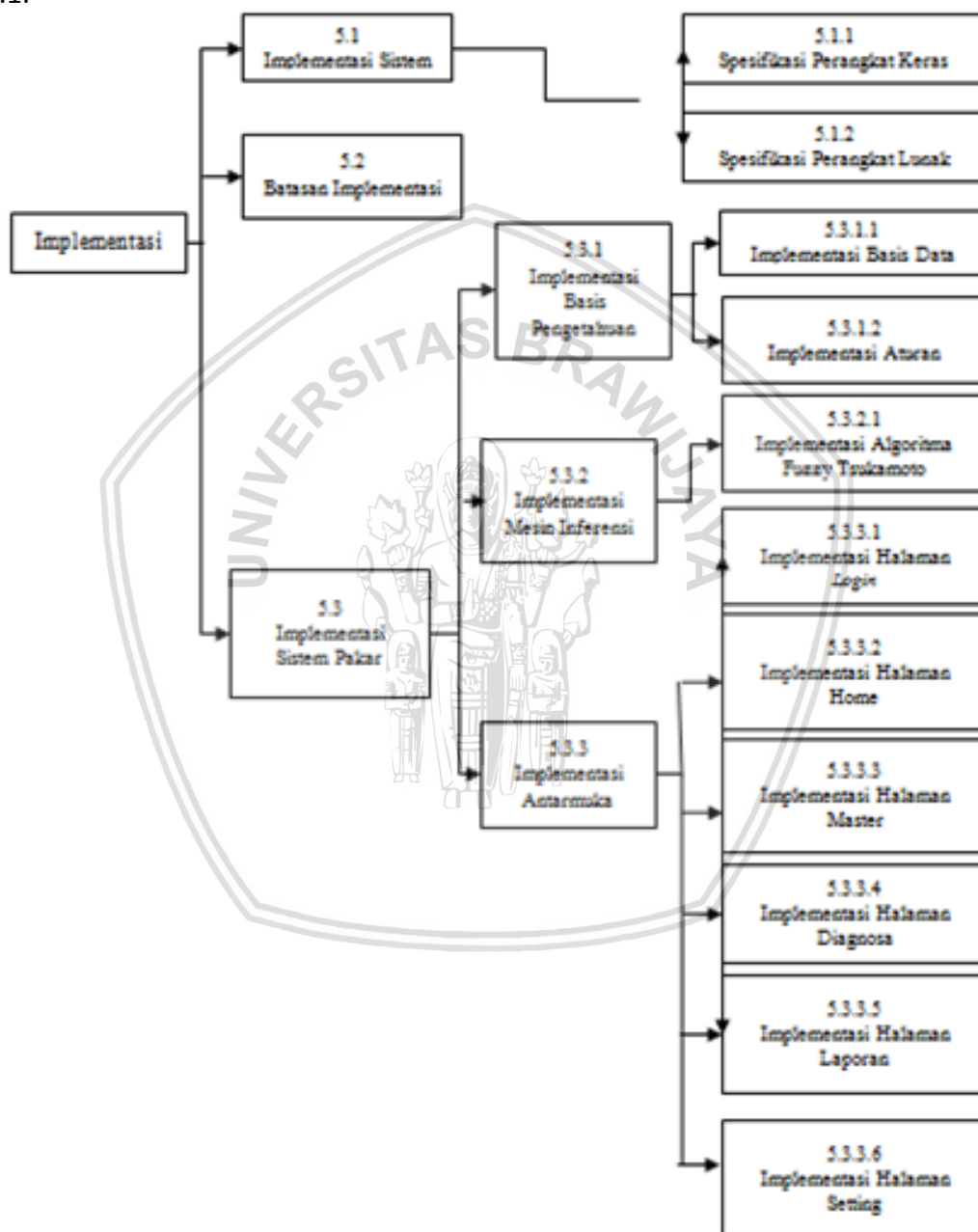
Tujuan dari pengujian akurasi pakar adalah mengetahui jumlah kecocokan data antara hasil diagnosa sistem dengan hasil diagnosa pakar. Contoh tabel pengujian akurasi ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Tabel Pengujian Akurasi

NO	G1	G2	G3	G4	G5	Sistem	Pakar	Kecocokan
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

BAB 5 IMPLEMENTASI

Bab ini akan membahas mengenai implementasi perangkat lunak berdasarkan hasil dari analisis kebutuhan dan perancangan perangkat lunak yang sudah dibuat. Pembahasan terdiri dari spesifikasi sistem, batasan implementasi, dan implementasi sistem pakar. Pohon implementasi dapat dilihat pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Pohon Implementasi

5.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap pembangunan sistem. Pada tahapan ini semua hal yang telah didapatkan dalam proses studi literatur diterapkan. Pembangunan sistem dilakukan dengan mengacu pada tahap perancangan sistem. Pengembangan sistem dilakukan dengan bahasa pemrograman *PHP*. Tahapan-tahapan yang ada dalam implementasi meliputi:

1. Implementasi *interface*.
2. Implementasi basis data.
3. Implementasi algoritma, melakukan perhitungan dengan metode fuzzy tsukamoto. Implementasi ini akan menghasilkan diagnosa penyakit yang tanaman jarak pagar melalui inputan yang berupa gejala penyakit.

5.1.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Berikut ini spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem, meliputi:

- Prosesor Intel® Celeron® CPU 1007 U @1.50GHz 1.50 Ghz.
- RAM 2 GB
- Kartu Grafis Intel® HD Graphic
- Harddisk 500 GB

5.1.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Berikut ini spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam membangun sistem, meliputi:

1. Sistem Operasi Windows 8 64/32-bit
2. Bahasa pemrograman PHP
3. *Database* navicat
4. Editor pemrograman menggunakan notepad++ *XAMPP Control Panel* untuk pengembangan sistem

5.2 Batasan Implementasi

Beberapa batasan yang digunakan dalam mengimplementasikan Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar adalah sebagai berikut:

1. Sistem dibangun berdasarkan ruang lingkup notepad++ dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP.
2. Data-data yang digunakan dalam sistem disimpan dalam navicat.
3. Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah adalah Metode Fuzzy Tsukamoto.
4. Input yang digunakan dalam sistem merupakan gejala penyakit yang menyerang tanaman jarak.

5. Output yang diterima pengguna adalah diagnosa penyakit yang menyerang tanaman jarak pagar.
6. Sistem ini dapat mendiagnosa 5 jenis penyakit tanaman jarak pagar.

5.3 Implementasi Sistem Pakar

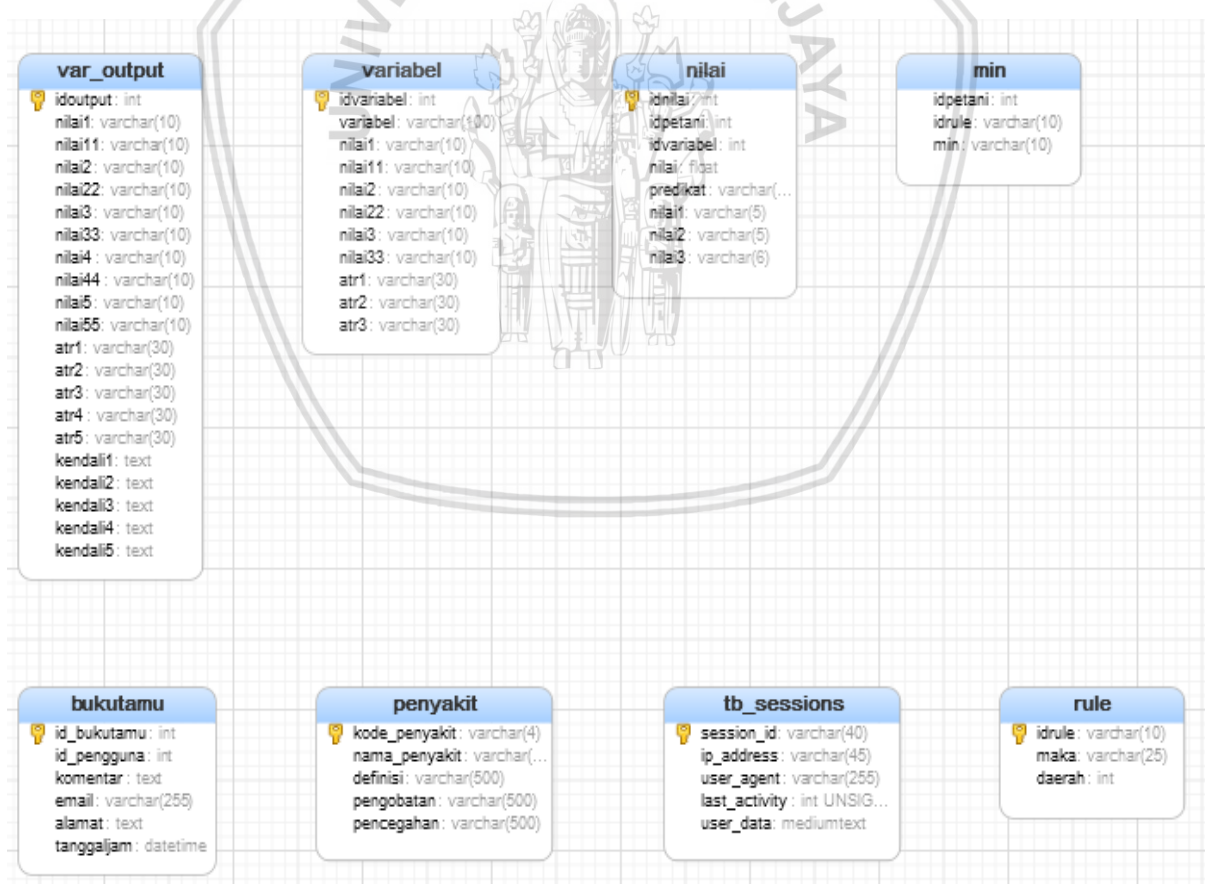
Hasil perancangan pada bab 4 menjadi acuan untuk melakukan implementasi bagian sistem pakar. Bagian sistem pakar yang diimplementasikan yaitu implementasi basis pengetahuan, implementasi mesin inferensi dan implementasi antarmuka.

5.3.1 Implementasi Basis Pengetahuan

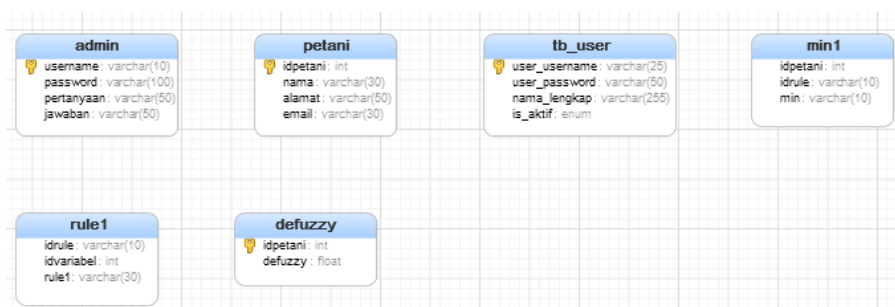
Pada pembahasan implementasi basis pengetahuan ini terdapat implementasi basis data dan implementasi aturan.

5.3.1.1 Implementasi Basis Data

Implementasi penyimpanan data dilakukan dengan *Database Management System* MySQL. Hasil implementasi pada basis data ini dimodelkan dalam *physical* diagram yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan 5.3.



Gambar 5.2 Physical Diagram (1)



Gambar 5.3 Physical Diagram (2)

5.3.1.2 Implementasi Aturan

Implementasi aturan mengacu pada bab perancangan pada sub bab basis pengetahuan. Hasil implementasi data aturan dimodelkan dalam bentuk tabel aturan yang terdiri dari 13 atribut, yaitu: 5 gejala, 27 tingkat, dan penyakit. 5 gejala dan 27 tingkat dipasangkan berdasarkan aturan yang telah diberikan oleh pakar dan berdasarkan data training yang diperoleh pada Badan Penelitian Tembakau dan Serat (Balittas) Malang. Jumlah gejala dan tingkat yang ada pada aturan dapat dirubah sesuai dengan persetujuan pakar. Implementasi data aturan dapat dilihat pada gambar 5.4.

No	G1	G2	G3	G4	G5	Penyakit	Keterangan
1	Basah	Ringan	Muda	Sedikit	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
2	Basah	Sedang	Muda	Sedang	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
3	Basah	Berat	Muda	Banyak	Banyak	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
4	Basah	Sedang	Dewasa	Sedang	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
5	Basah	Berat	Dewasa	Sedang	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
6	Basah	Sedang	Tua	Sedikit	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
7	Basah	Berat	Tua	Banyak	Sedikit	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
8	Basah	Sedang	Tua	Sedikit	Sedang	P1	Busuk Akar Pangkal Batang
9	Segar	Sedang	Muda	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
10	Kering	Ringan	Dewasa	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
11	Segar	Sedang	Dewasa	Sedang	Sedang	P2	Tristeza
12	Kering	Berat	Muda	Sedang	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
13	Segar	Berat	Dewasa	Sedikit	Sedikit	P3	Blendok (Diplodia)
14	Kering	Berat	Dewasa	Sedikit	Sedikit	P3	Blendok (Diplodia)
15	Kering	Berat	Tua	Sedang	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
16	Kering	Berat	Tua	Banyak	Sedang	P3	Blendok (Diplodia)
17	Kering	Berat	Muda	Sedikit	Banyak	P4	Antraknosa
18	Segar	Ringan	Muda	Banyak	Banyak	P4	Antraknosa
19	Segar	Ringan	Dewasa	Sedikit	Sedang	P4	Antraknosa
20	Segar	Berat	Dewasa	Banyak	Sedang	P4	Antraknosa
21	Kering	Sedang	Tua	Banyak	Banyak	P4	Antraknosa
22	Segar	Sedang	Tua	Banyak	Sedikit	P4	Antraknosa
23	Segar	Sedang	Muda	Sedang	Sedikit	P5	CVPD
24	Segar	Ringan	Muda	Sedikit	Banyak	P5	CVPD
25	Segar	Ringan	Dewasa	Sedikit	Banyak	P5	CVPD
26	Segar	Sedang	Tua	Sedang	Banyak	P5	CVPD
27	Segar	Ringan	Tua	Sedikit	Banyak	P5	CVPD

Gambar 5.4 Implementasi Aturan

5.3.2 Implementasi Mesin Inferensi

Implementasi yang akan digunakan untuk Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto* adalah bahasa

pemrograman PHP dan menggunakan basis data *MySQL*. Bahasa pemrograman PHP digunakan untuk memproses algoritma dan basis data *MySQL* digunakan untuk menyimpan data-data yang digunakan sistem. Implementasi mesin inferensi ini mengacu pada bab perancangan pada sub bab mesin inferensi. Proses utama pada sistem yang akan dijelaskan dalam sistem pakar adalah proses perhitungan *Fuzzy Inference System Tsukamoto* yang terdiri dari *Fuzzyfikasi*, *Inferensi*, dan *Defuzzifikasi*.

5.3.2.1 Implementasi Algoritma Fuzzy Tsukamoto

Proses implementasi diawali dengan proses *fuzzyfikasi* untuk semua gejala yang akan digunakan untuk proses selanjutnya. Proses selanjutnya menerima input berupa gejala klinis dari pengguna. Gejala tersebut akan digunakan algoritma *Fuzzy Tsukamoto* untuk proses pemilihan rule yang akan digunakan untuk tahap selanjutnya, dan untuk mendapatkan diagnosa penyakit yang diderita. Implementasi diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto* dapat dilihat pada *source code* 5.1.

```

1 function execTsukamoto($inputs)
2 {
3     $in_vars = $this->getInputVar();
4     $out_vars = $this->getOutputVar();
5     $rules = $this->getRule();
6
7     // kalkulasi per rule
8     foreach($rules as $id_rule => $rule)
9     {
10         // kalkulasi nilai per rule per variabel
11         foreach($rule->in_var as $var)
12         {
13             $key_var = $var->id;
14             $curr_input = $inputs[$key_var];
15             $curr_var = $in_vars[$key_var];
16             $curr_hasil = 0;
17
18             // get max_range_id
19             $max_range_id = array_keys($curr_var->
20 >range);
21             $max_range_id =
22 $max_range_id[count($max_range_id)-1];
23
24             // proses kalkulasi
25             foreach($curr_var->range as $id_range
26 => $range) if (strtolower($range->name) == strtolower($var-
27 >param))
28             {
29                 $max = $range->max;
30                 $min = $range->min;
31                 $peak = $range->peak;
32
33                 // jika diluar range Max maka
34 dianggap punyaanya range tsb
35 if ($curr_input > $max &&
36 $id_range == $max_range_id)
37 {
38     $curr_hasil = 1;

```

```

39         continue;
40     }
41
42     // jika diluar range maka diisi
43     kosong
44     if ( $curr_input < $min ||
45     $curr_input > $max )
46     {
47         $curr_hasil = 0;
48         continue;
49     }
50
51     // jika input sama dengan
52     puncak fuzzy
53     if ( $curr_input == $peak ||
54     ( $curr_input > $max && $id_range == $max_range_id ) )
55     {
56         $curr_hasil = 1;
57     }
58
59     // jika kurang dari puncak
60     fuzzy
61     else if ( $curr_input < $peak )
62     {
63         $curr_hasil = ((100 /
64     ( $peak - $min ) * ( $curr_input - $min ) ) / 100);
65     }
66
67     // jika lebih dari puncak fuzzy
68     else if ( $curr_input > $peak )
69     {
70         $curr_hasil = (100 - (100
71     / ( $max - $peak ) * ( $curr_input - $peak ) ) / 100);
72     }
73
74     $var->value = $curr_hasil;
75
76     // hitung alpha_p;
77     if ( $curr_hasil < $rule->alpha_p ||
78     $rule->alpha_p === false ) $rule->alpha_p = $curr_hasil;
79 }
80
81 // hitung z & alpha_pz
82 $curr_out_var = $out_vars[$rule-
83 >id_result];
84
85 $rule->z = ( ( $curr_out_var->max -
86 $curr_out_var->min ) * $rule->alpha_p ) + $curr_out_var->min;
87 $rule->alpha_pz = $rule->alpha_p * $rule-
88 >z;
89
90 // hitung total alpha_p & alpha_pz per
91 penyakit
92 $out_vars[$rule->id_result]->tot_alpha_p +=
93 $rule->alpha_p;
94 $out_vars[$rule->id_result]->tot_alpha_pz
95 += $rule->alpha_pz;
96 }
97

```

```

98      // kalkulasi final per out_vars (penyakit)
99      $max = 0;
100     $result = false;
101     foreach($out_vars as $out)
102     {
103         $out->final_result = $out->tot_alpha_p == 0
104 || $out->tot_alpha_pz == 0 ? 0 : $out->tot_alpha_pz / $out-
105 >tot_alpha_p;
106         if ($out->final_result > $max)
107         {
108             $max = $out->final_result;
109             $result = $out->id;
110         }
111     }
112
113     $complete = array(
114         'rules' => $rules,
115         'out_vars' => $out_vars,
116         'result' => $result,
117         'result_value' => $max,
118     );
119
120     return $complete;
121 }

```

Source Code 5.1 Implementasi Proses Perhitungan Metode *Fuzzy Tsukamoto*

Penjelasan *source code* implementasi proses perhitungan metode *fuzzy tsukamoto* pada Source Code 5.1 yaitu:

- Baris 7-9 : Melakukan kalkulasi per rule.
- Baris 10-23 : Melakukan kalkulasi nilai per rule per variabel.
- Baris 24-75 : Melakukan proses kalkulasi.
- Baris 77-80 : Melakukan perhitungan *alpha-p*.
- Baris 82-88 : Melakukan perhitungan nilai *z* dan nilai *alpha-pz*
- Baris 90-96 : Melakukan perhitungan total *alpha-p* & *alpha-pz* per penyakit.
- Baris 98-114 : Melakukan perhitungan kalkulasi final per penyakit.

5.3.3 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan oleh admin untuk berinteraksi dengan sistem perangkat lunak. Antarmuka perangkat lunak terdiri dari halaman utama admin. Pada implementasi antarmuka perangkat lunak ini hanya ditampilkan beberapa dari tampilan sistem, yaitu antarmuka halaman *login*, antarmuka halaman *home*, antarmuka halaman *master*, antarmuka halaman diagnosa, antarmuka halaman laporan, dan antarmuka halaman *setting*.

5.3.3.1 Implementasi Halaman *Log in*

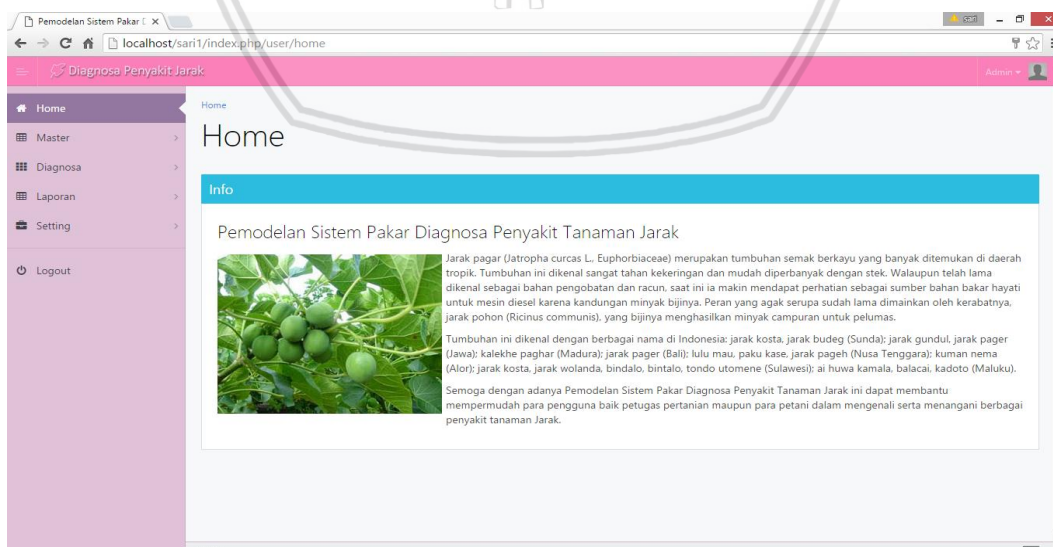
Halaman *Login* merupakan halaman awal saat admin ingin menggunakan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Semua admin yang ingin

menggunakan sistem pakar ini harus melakukan *login* terlebih dahulu. Pada halaman *login* admin dapat memulai proses *login* dengan memasukkan nama dan *password* pada *textbox* yang sudah disediakan. Antarmuka halaman *login* dapat dilihat pada gambar 5.5.

Gambar 5.5 Antarmuka halaman *login*

5.3.3.2 Implementasi Halaman *Home*

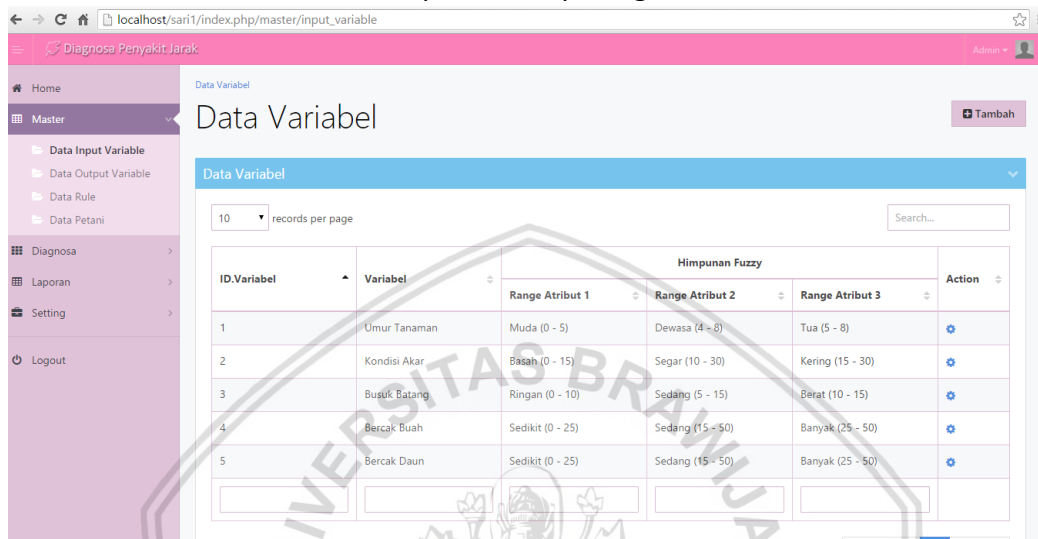
Halaman *home* merupakan halaman pertama setelah halaman *login* saat admin ingin menggunakan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Pada halaman *home* admin dapat melihat info mengenai tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman *home* dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Antarmuka halaman *home*

5.3.3.3 Implementasi Halaman Master

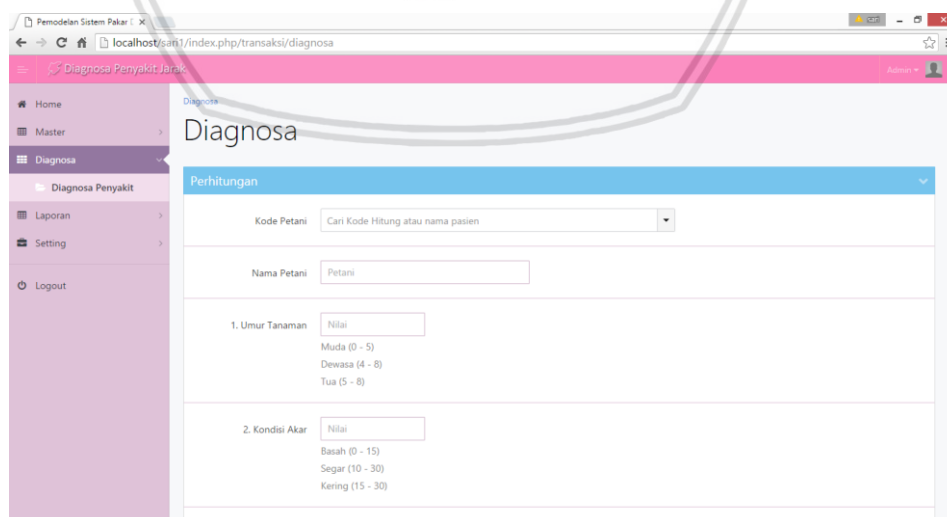
Halaman *master* merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman master admin dapat mengakses halaman data input variable, data output variable, data rule, data petani. Antarmuka halaman *master* dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Antarmuka Halaman Master

5.3.3.4 Implementasi Halaman Diagnosa

Halaman diagnosa merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman diagnosa admin dapat memulai diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman *diagnosa* dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 Antarmuka Halaman Diagnosa

5.3.3.5 Implementasi Halaman Laporan

Halaman laporan merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman laporan admin dapat melihat *track record* yang telah melakukan diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Antarmuka halaman laporan dapat dilihat pada gambar 5.9.

The screenshot shows the 'Laporan Hasil Diagnosa' page. It features a sidebar menu with options: Home, Master, Diagnosa, Laporan, Hasil Diagnosa, Setting, and Logout. The main content area has a title 'Laporan Hasil Diagnosa' and a table with the following data:

ID.Petani	Nama	Alamat	Email	Hasil	Solusi	Tanggal	Action
1	sarikusuma	malang	sari@sari.com	0.667	Busuk Akar Pangkal Batang	20/03/2016	
3	sarii	malang	sarii@sari.com	0.667	Busuk Akar Pangkal Batang	21/03/2016	

Below the table, it says 'Showing 1 to 2 of 2 entries' and has pagination controls: 'Previous', '1', 'Next'.

Gambar 5.9 Antarmuka Halaman Laporan

5.3.3.6 Implementasi Halaman Setting

Halaman *setting* merupakan salah satu halaman yang dapat admin lihat setelah admin melakukan *login*. Pada halaman *setting* admin dapat melihat *data user* yang telah melakukan *login* pada sistem. Antarmuka halaman *setting* dapat dilihat pada gambar 5.10.

The screenshot shows the 'User' setting page. It features a sidebar menu with options: Home, Master, Diagnosa, Laporan, Setting, Data User, and Logout. The main content area has a title 'User' and a table with the following data:

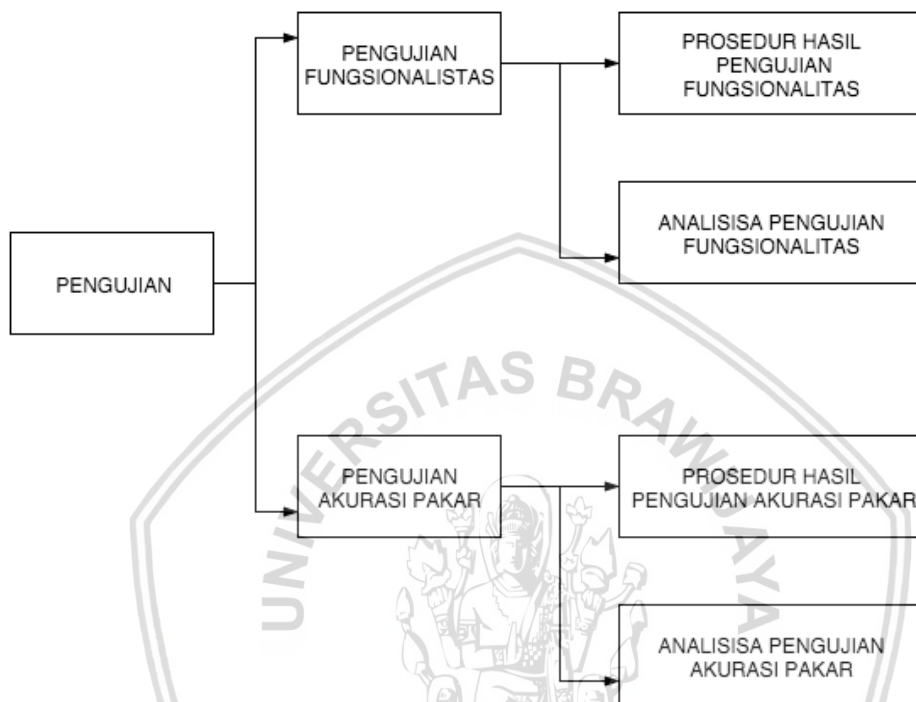
Username	Nama	Aktif?	Action
admin	Admin	<input checked="" type="checkbox"/>	

Below the table, it says 'Showing 1 to 1 of 1 entries' and has pagination controls: 'Previous', '1', 'Next'.

Gambar 5.10 Antarmuka Halaman Setting

BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISA

Pada bab ini akan dibahas mengenai proses pengujian sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar. Proses pengujian dibagi menjadi dua tahapan yaitu pengujian fungsionalitas dan pengujian akurasi pakar. Diagram alir proses pengujian dan analisa ditunjukkan pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Diagram Pohon Pengujian dan Analisa


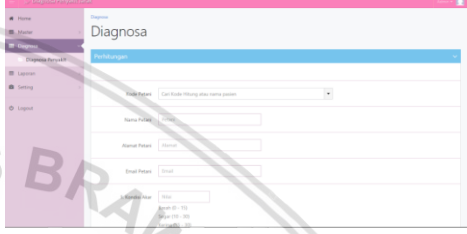
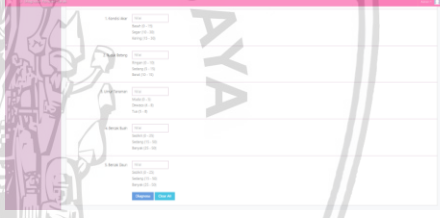

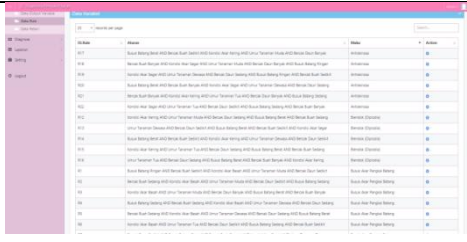
6.1 Pengujian Fungsionalitas

Proses skenario pengujian yang pertama adalah pengujian fungsionalitas. Pengujian fungsionalitas dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibangun sesuai dengan daftar kebutuhan sistem yang telah dibuat sebelumnya. Daftar kebutuhan sistem yang menjadi acuan dalam tahap pengujian fungsionalitas ini ditunjukkan pada Tabel 4.7. Dalam tabel tersebut terdapat daftar kebutuhan yang akan diuji dengan pengujian fungsionalitas untuk mengetahui kesesuaian antara sistem yang telah dibuat dengan daftar kebutuhan yang telah dibuat.

6.1.1 Prosedur dan Hasil Pengujian Fungsionalitas

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan membuat kasus uji untuk setiap daftar kebutuhan sistem yang telah dirancang pada Tabel 4.7. Hasil pengujian fungsionalitas ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Tabel Hasil Pengujian Fungsionalitas

No.	Kode	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Didapat	Status Validasi
1.	TRS_F_100	Menampilkan halaman utama	Sistem mampu menampilkan halaman utama (beranda) yang berisi informasi tanaman jarak pagar.		Valid
2.	TRS_F_200	Melakukan diagnosa	Menu Diagnosa mampu mengantarkan pengguna menuju halaman formulir diagnosa.		valid
3.	TRS_F_201	Menampilkan formulir diagnosa	Sistem mampu menampilkan formulir gejala-gejala penyakit tanaman jarak pagar.		valid
4.	TRS_F_202	Menampilkan hasil diagnosa	Sistem mampu menampilkan hasil perhitungan, hasil diagnosa gejala, dan solusi dengan benar.		valid
5.	TRS_F_300	Menampilkan informasi data rule	Menu informasi data rule dapat menampilkan data rule yang menjadi acuan perhitungan sistem.		valid

No.	Kode	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil yang Didapat	Status Validasi
6.	TRS_F_301	Menampilkan informasi data gejala	Menu informasi data gejala dapat menampilkan data gejala yang menjadi acuan diagnosa.		valid
7.	TRS_F_400	Menampilkan informasi penyakit tanaman jarak pagar	Menu informasi penyakit tanaman jarak pagar mampu menampilkan halaman informasi mengenai penyakit tanaman jarak pagar.		valid

6.1.2 Analisa Pengujian Fungsionalitas

Analisa hasil pengujian fungsionalitas dilakukan dengan membandingkan kesesuaian antara hasil yang diharapkan dengan hasil yang didapat. Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6.1 memiliki tingkat kesesuaian 100%, sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsionalitas dari Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto* berjalan dengan benar.

6.2 Pengujian Akurasi Pakar

Pengujian akurasi pakar dilakukan dengan tujuan untuk menguji kecocokan hasil diagnosa Pemodelan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Tanaman Jarak Pagar dengan Metode *Fuzzy Tsukamoto* dengan hasil diagnosa pakar.

6.2.1 Prosedur dan Pengujian Hasil Akurasi Pakar

Pengujian akurasi dilakukan dengan cara mencocokkan hasil diagnosa sistem berupa 25 data uji dengan hasil diagnosa pakar. Hasil pengujian akurasi ditunjukkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Akurasi Pakar

NO	G1	G2	G3	G4	G5	Sistem	Pakar	Kecocokan
1	30	15	8	50	50	P2	P2	YA
2	15	10	5	25	25	P2	P2	YA
3	10	13	7	40	35	P1	P1	YA
4	11	12	5	2	5	P3	P3	YA

5	4	4	4	4	4	P1	P1	YA
6	20	15	6	15	5	P3	P3	YA
7	20	17	7	22	22	P3	P3	YA
8	19	13	8	47	46	P4	P4	YA
9	29	14	2	13	36	P4	P4	YA
10	11	7	3	20	15	P1	P1	YA
11	13	3	6	10	24	P4	P4	YA
12	8	30	2	50	50	P1	P1	YA
13	20	1	8	1	27	P5	P5	YA
14	16	4	2	30	49	P4	P4	YA
15	11	12	5	10	4	P3	P3	YA
16	2	6	7	5	9	P1	P1	YA
17	14	8	2	13	36	P5	P5	YA
18	10	13	6	1	47	P1	P1	YA
19	27	14	4	35	22	P3	P3	YA
20	13	3	6	13	36	P4	P4	YA
21	11	3	4	15	23	P1	P1	YA
22	3	3	4	20	23	P1	P1	YA
23	16	5	7	20	23	P4	P4	YA
24	22	3	2	22	35	P5	P5	YA
25	9	14	7	26	2	P1	P1	YA

6.2.2 Analisa Pengujian Akurasi Pakar

Berdasarkan Tabel 6.2, dilakukan perhitungan akurasi menggunakan persamaan 2.11 dan menghasilkan:

$$\text{Nilai akurasi} = 25/25 \times 100\% = 100\%$$

Dapat disimpulkan hasil dari akurasi sistem pakar dengan 25 data uji adalah 100%. Pengujian ini bernilai benar jika hasil diagnosa pakar sama dengan hasil diagnosa sistem. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pakar ini dapat berfungsi dengan baik pada kasus diagnosa penyakit tanaman jarak pagar.

BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini memuat kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan. Kesimpulan dan saran disajikan secara terpisah, dengan penjelasan sebagai berikut:

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perancangan dan pengujian yang dilakukan pada pemodelan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemodelan sistem pakar ini mempunyai fitur master yang berisi data *input*, data *output*, data *rule*, data petani dan juga fitur diagnosa penyakit. Hasil dari pemodelan sistem pakar ini berupa jenis penyakit dan solusi pengendaliannya, hasil tersebut dapat dilihat pada fitur diagnosa.
2. Kesimpulan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a) Pengujian Fungsionalitas Sistem

Pemodelan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan metode *fuzzy tsukamoto* dapat bekerja dengan baik dan dapat mendiagnosa penyakit tanaman jarak pagar serta memberikan solusi pengendaliannya. Hal ini berdasarkan pengujian fungsionalitas sistem dengan menggunakan pengujian fungsionalitas yang tingkat kesesuaiannya mencapai 100%.

- b) Pengujian Tingkat Akurasi

Hasil pengujian akurasi pemodelan sistem pakar diagnosa penyakit tanaman jarak pagar dengan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* mencocokkan hasil keputusan sistem dan hasil keputusan dari pakar didapatkan nilai akurasi sebesar 100%. Akurasi diperoleh dari keberhasilan sistem mendiagnosa 25 kasus uji dengan hasil keputusan yang sesuai dari diagnosa pakar.

7.2 Saran

Saran yang diberikan untuk pengembangan sistem dalam penelitian selanjutnya adalah sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan jumlah kasus uji sehingga keakurasian sistem dari hasil mencocokkan diagnosa pakar dengan diagnosa sistem menjadi lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, G. (2011). *Penerapan Metode Tsukamoto (Logika Fuzzy) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah permintaan* (1st Edition ed.). Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Agbonifo, O., & Olufolaji, D. (2012). A Fuzzy Expert System for Diagnosis and Treatment of Maize Plant Diseases. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2(12), 83-89.
- Aluyo, Nugroho, D., & Kustanto. (2013). *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit DBD dan Demam Tifoid dengan Metode Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus Puskesmas Pracimantoro I)*. 2014: Jurnal TIKomSiN.
- Ariani, F., & Endra, R. Y. (2013). *Implementation Of Fuzzy Inference System With Tsukamoto Method For Study Programme Selection. 2nd International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD 2013)*, 189-200.
- Balittas. 2015. *Inovasi Teknologi Jarak Pagar Penghasil Bioenergi Masa Depan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta.
- Bastiftci, Fatih & Hayri Incekara. 2011. *Web based medical decision support system application of CoronaryHeart Disease diagnosis with Boolean functions minimization method*. University of Selcuk, Turkey.
- Bastiftci, Fatih & Omer Faruk Hatay. 2011. *Reduced-rulebasedexpertsystembythesimplificationoflogicfunctionsfor thediagnosisofdiabetes*. University of Selcuk, Turkey.
- Daria Anggraeni. 2014. *Sistem Pakar Identifikasi Hama dan Penyakit Tanaman Tebu menggunakan Metode F-AHP*. Universitas Brawijaya, Malang.
- Desiani, Anita. 2006. *Konsep Kecerdasan Buatan*. Penerbit Andi:Yogyakarta.
- Ditjenbun Pertanian. 2010. *Buku Jarak* . www.ditjenbun.pertanian.go.id diakses 3 February 2015
- Esin, Akif, Derya. 2011. *An expert system based on Generalized Discriminant Analysis and WaveletSupport Vector Machine for diagnosis of thyroid diseases*. Firat University, Turkey.
- Falopi, T. (2012). *Aplikasi Fuzzy Inference System (FIS) Tsukamoto Untuk Menganalisa Tingkat Resiko Penyakit Dalam*. -: -.
- Hanafi, M. A., M, Y. T., & Pramono, D. (2010). Sistem Pendukung Keputusan Penetapan Calon Peserta Sertifikasi Guru Sekolah Dasar Menggunakan Metode ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) (Studi Kasus : UPTD Cabang Dinas Pendidikan Buduran). *Program Studi Ilmu Komputer, Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer , Universitas Brawijaya Malang*, 1-10.

- Hardika P., Angga, dkk. 2014. *Aplikasi Sistem Pakar untuk Identifikasi Hama dan Penyakit Tanaman Tebu dengan Metode Naïve Bayes Berbasis Web*. Malang : Universitas Brawijaya, Malang.
- Hilal H., Al. 2006. *Implementasi Kebijakan Pengembangan Jarak Pagar Sebagai Sumber BBN*. Bogor.
- Kusrini. 2006. *Sistem Pakar, Teori dan Aplikasi*. Penerbit Andi:Yogyakarta.
- Kusuma, Dewi. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasi)*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Kusumadewi, S. (2004). *Penentuan Lokasi Pemancar Televisi Menggunakan Fuzzy Multi Criteria Decision Making* (Vol. 2). Yogyakarta: Media Informatika.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Maseleno, Andino dan Md. Mahmud Hasan. 2012. *Fuzzy Logic Based Analysis of the Sepak Takraw Games Ball Kicking with the Respect of Player Arrangement*. Computer Science Program. Universitas Brunei Darussalam.
- Prihatini, Putu Manik. 2011. *Metode Ketidakpastian dan Kesamaran dalam Sistem Pakar*. Politeknik Negeri Bali, Bali.
- Rehadi Ongkosaputra, Vina, dkk. 2013. *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Alzheimer Secara Dini Menggunakan Fuzzy Tsukamoto*. Universitas Dian Nuswantoro.
- Santoso, Bambang dan Nurrachman. 2010. *Potensi Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) Sebagai Komponen Agroforestry dalam Upaya Mitigasi Perubahan Iklim*. Fakultas Pertanian UNRAM.
- Solikin, F. (2011). *Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Optimasi Produksi barang Menggunakan Metode Mamdani dan Metode Sugeno*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sulistiyohati, Aprilia, dkk. 2008. "Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal dengan Metode Dempster-Shafer". Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Suparman. (1991). *Mengenal Artificial Intelligence Edisi-1*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sutojo, T. 2011. *Kecerdasan Buatan*. Penerbit Andi:Yogyakarta.
- Thamrin, F. (2012). *Studi Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Faktor Pembebanan Trafo PLN*. Semarang: Universitas Dlponegoro.
- Waluyo, Nugroho, D., & Kustanto. (2013). *Sistem Pakar Diagnosa Penyakit DBD dan Demam Tifoid dengan Metode Fuzzy Tsukamoto (Studi Kasus Puskesmas Pracimantoro I)*. 2014: Jurnal TIKomSiN.

Warsani, H. (2013). *Kajian Pemanfaatan Lahan Sawah Di Kecamatan Kuantan Tengah Kabupaten Kuantan Singingi* (1st Edition ed.). Universitas Pendidikan Indonesia.

